МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київського національного університету будівництва і архітектури

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація,
комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
всіх форм навчання

Київ 2025

УДК 681.513.674
А22

Укладачі: О. В. Гаврюков, д-р техн. наук, доцент;
М. І. Самойленко, асистент;
А. О. Вольтерс, асистент

Рецензент А.В. Запривода, канд.техн.наук, доцент

Відповідальний за випуск С.В. Іносов, канд. техн. наук, доцент

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів, протокол № 4 від23 жовтня 2024 року.

В авторській редакції

Автоматизація логістичних систем [Електронний ресурс]: методичні А22 вказівки до виконання практичних робіт / уклад.: О. В. Гаврюков та ін. – Київ : КНУБА, 2025. – 33 с.

Містять зміст, порядок виконання практичних робіт.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» всіх форм навчання.

© КНУБА, 2025

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки складені відповідно до програми курсу «Автоматизація управління і обладнання логістичних систем».

Метою практичних робіт є вирішення практичних задач пов’язаних з автоматизація логістичних систем.

Студенти повинні заздалегідь готуватися до занять у аудиторії, вивчаючи відповідні розділи теоретичного курсу за лекційними записами і навчальною літературою та знайомлячись зі змістом практичної роботи цих методичних вказівок.

За результатами виконання практичної роботи складається звіт. Оформлення звіту має відповідати вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки й техніки». Особливу увагу варто приділяти формулюванню висновків за виконаною роботою, у яких необхідно зіставити результати практичної досліджень з відомими з теоретичного курсу закономірностями.

Схеми виконуються згідно з вимогами державних стандартів та діючих нормативів. У схемах, формулах і таблицях необхідно використовувати стандартні умовні позначення.

Для здачі практичної роботи студент повинен надати повністю оформлений звіт, уміти відповісти на запитання викладача.

Практична робота 1

Тема: «ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЛОГІСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ»

1. Мета роботи: Ознайомитись з основними принципами побудови логістичного комплексу

2. Послідовність виконання:

1. Ознайомитись з наведеним матеріалом;
2. Написати реферат по наведеному матеріалу.

3. Інформаційна частина

3.1. Структура логістичного комплексу технічних засобів автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Усі технічні засоби системи управління технологічним процесом (включаючи датчики та регулюючі органи) утворюють комплекс технічних засобів (КТЗ) АСУ ТП. До нього входить управляючий обчислювальний комплекс (УОК), що складається з КТЗ, крім датчиків, автономних регуляторів, виконавчих пристроїв, органів ручного управління.

Якщо КТЗ має ієрархічну структуру, то локальні системи управління можуть бути побудовані з використанням різних технічних засобів: регуляторів, контактних чи безконтактних логічних елементів, міні-або мікро-ЕОМ. При цьому в них повинні бути передбачені засоби зв'язку з системою більш високого ієрархічного рівня для прийому координуючих сигналів, яка в більшості випадків будується на базі мікро-або міні-ЕОМ.

Часто для побудови локальних систем управління агрегатами використовуються контактні елементи автоматики. Це тому, що вони прості в обслуговуванні і вимагають спеціальних джерел стабілізованого живлення. На рис. 1.1 як приклад наведено принципову електричну схему локальної системи управління електродвигунами різних агрегатів.

Ця схема забезпечує місцеве дистанційне та автоматичне управління. Вибір режиму виконується ключем SA. Двигун можна вимкнути місцевою кнопкою «Стоп» (SB2) та дистанційною кнопкою «Стоп» (SB2) незалежно від вибраного режиму керування. В автоматичному режимі електродвигун

вмикається та вимикається за допомогою контактів KV2 та KV3 керованих системою другого рівня. Місцеве та дистанційне вимкнення електродвигуна здійснюється кнопками «Пуск» (SB3, SB4) відповідно до положення перемикача SA роду управління.

В автоматичному режимі електродвигун вмикається та вимикається за допомогою контактів KV2 та KV3 керованих системою другого рівня. Місцеве та дистанційне вимкнення електродвигуна здійснюється кнопками «Пуск» (SB3, SB4) відповідно до положення перемикача SA роду управління.

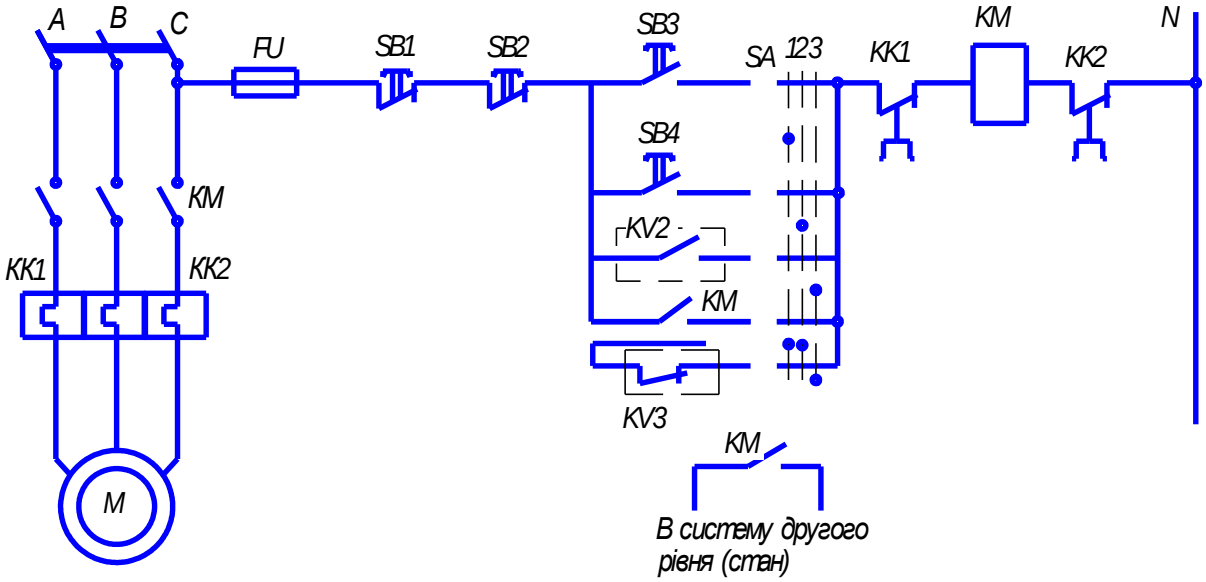


Рис. 1.1. Принципова електрична схема локальної системи управління електродвигунами різних агрегатів

Блок-контакт КМ шунтує контакти SB3, SB4, KV2 і забезпечує збереження включеного стану магнітного пускача КМ після повернення цих контактів у нормальний стан. Один контакт КМ використовується для подачі зворотного сигналу, зв'язку в систему другого рівня про стан двигуна. Від перевантажень електродвигун захищений тепловими реле КК1 і КК2, нагрівальні елементи яких включені у дві фази статора, а контакти в ланцюг живлення обмотки пускача. Захист електродвигуна та ланцюгів управління від коротких замикань здійснюється запобіжником FU.

Якщо для побудови локальної системи використовується мікро- чи міні-ЕОМ, то узагальнена структурна схема такий системи має вигляд,

показаний на рис. 1.2.

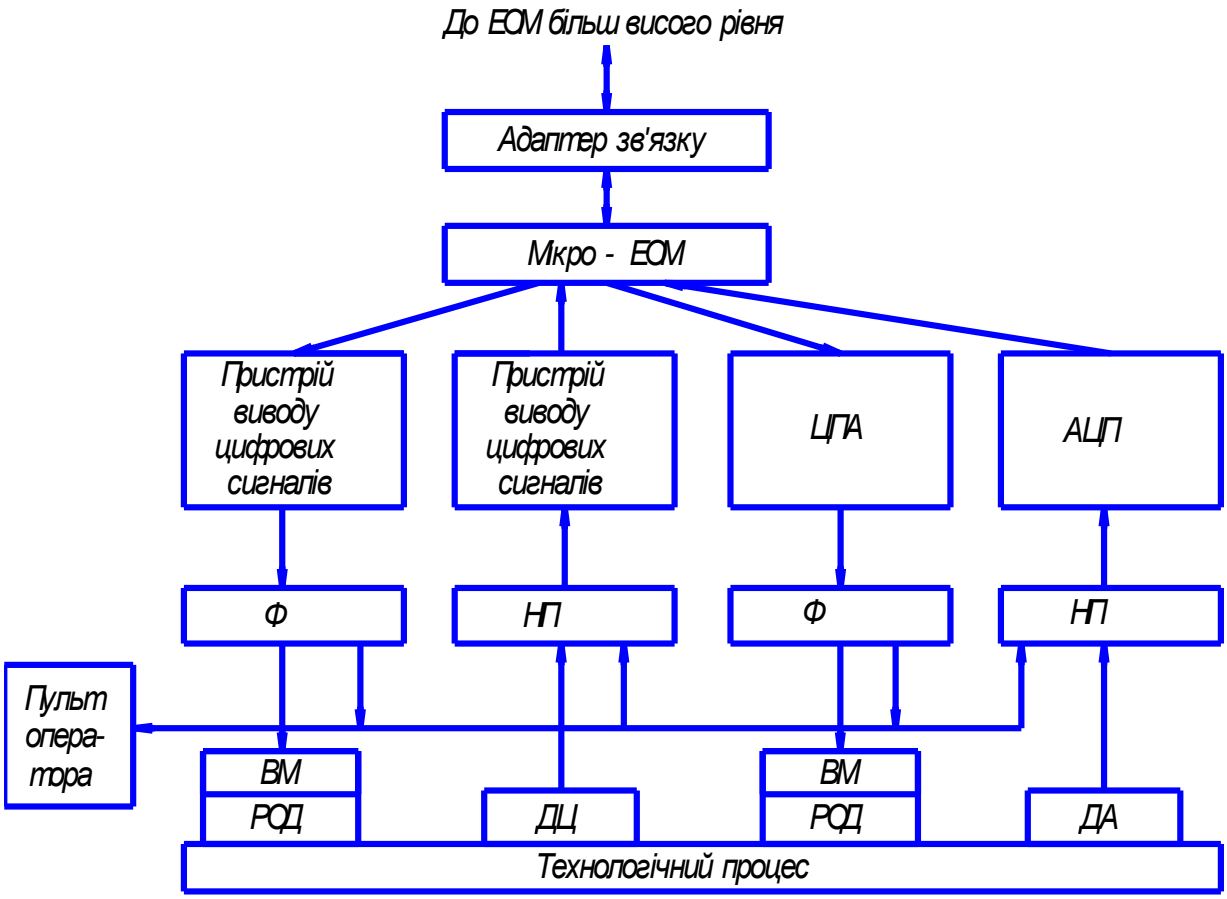


Рис. 1.2. Узагальнена структурна схема локальної системи управління агрегатами

Інформація про хід технологічного процесу надходить в ЕОМ з датчиків цифрових (ДЦ) і аналогових (ДА) сигналів через відповідні пристрої введення, до яких належать: нормуючі перетворювачі (НП), призначені для перетворення сигналів, що надходять від датчиків, до видів та рівнів, що використовуються в інших установах; аналого-цифровий перетворювач (АЦП), призначений для перетворення вхідного аналогового сигналу в відповідний двійковий код; устрою введення цифрових сигналів, призначених для синхронізації цифрових сигналів з ЕОМ.

Мікро-ЕОМ, згідно з програмою, розташованою в пам'яті виконує команди читання значень сигналів з датчиком. порівнює їх з необхідними, обчислює необхідні керуючі впливи і переводить регулюючі органи аналогові (РОЛ) і дискретні (РОД), в новий стан. (Ф) до видів та рівнів, необхідних для управління виконавчими механізмами (ВМ).

У системі передбачено пульт оператора, на якому розташовані засоби

відображення ходу технологічного процесу (лампочки, світлові табло тощо) та засоби управління (клавіші, тумблери, ключі). Він приєднаний до раніше розглянутих пристроїв перетворення сигналів і поєднання з мікро-ЕОМ.

Якщо ЕОМ отримує інформацію про перебіг технологічного процесу безпосередньо з датчиків і управляє безпосередньо регулюючими органами, минаючи проміжні підсистеми управління, то такий режим її роботи називається прямим цифровим управлінням.

Розглянемо дуже важливу особливість систем, зображених на рис. 1.1 та 1.2, що полягає у способі реалізації алгоритмів функціонування. Під алгоритмом функціонування того чи іншого пристрою розуміють точний опис його роботи. Система, зображена на рис. 1.1, являє собою систему зі схемною (апаратурною) реалізацією алгоритму функціонування. Таку реалізацію називають ще жорсткою, оскільки за зміни алгоритму її функціонування необхідно змінити або з'єднання між елементами, або склад елементів, або обидві характеристики одночасно.

На рис. 1.2 зображено структурну схему системи з програмною реалізацією алгоритму функціонування, в якій він задається у вигляді програми, що вводиться в пам'ять ЕОМ. За необхідності внести зміни в алгоритм функціонування цієї системи достатньо написати нову програму та записати її на згадку. Тому таку реалізацію називають ще програмною чи гнучкою. Будь-який процес, реалізований програмно, може бути перетворений на еквівалентний процес, реалізований апаратними засобами, і навпаки.

Схема, наведена на рис. 1.2, є загальною. Зокрема, вона може бути звичайним ПМД-регулятором або системою управління електродвигуном зображеним на рис. 1. У першому випадку пристрої цифрового введення і виведення відсутні, а пристрої аналогового введення і виведення пов'язані одним датчиком *М* регулюючим органом. У другому випадку відсутні аналогові пристрої, але необхідні пристрої цифрового введення сигналу стан контакту *М* і цифрового виведення для включення магнітного пускача КМ. Структура пристроїв зі схемною реалізацією алгоритмів функціонування має меншу спільність, оскільки вона істотно залежить від використаних елементів.

Пристрої зі схемною реалізацією алгоритму керування застосовуються у простих системах автоматики (обмежувачі вантажопідйомності, протиугінні пристрої, схема захисту електричних

двигунів), а з програмною реалізацією алгоритму функціонування – у більш складних. До них відносяться АСУ ТП приготування бетонної суміші, тепловологої обробки залізобетонних виробів та ін.

Слід зазначити, що у реальної системі управління складним технологічним процесом частина функцій можлива бути реалізована схемною, а частина програмною.

В основному схемна реалізація застосовується під час побудови локальних систем автоматики. Системи другого та вище рівнів будуються з використанням програмного принципу. Однак це не означає, що програмна реалізація неприйнятна при побудові локальних систем. Низька вартість і широкі функціональні можливості мікро-ЕОМ дали змогу застосовувати їх як пристрої управління, що вбудовуються у верстат, двигун внутрішнього згоряння та інші агрегати. Використовуються вони також як складові деталі датчиків і вимірювального обладнання.

Таким чином, враховуючи поширеність дворівневих АСУ ТП, структуру її КТЗ можна подати у вигляді узагальненої схеми (рис. 1.3).

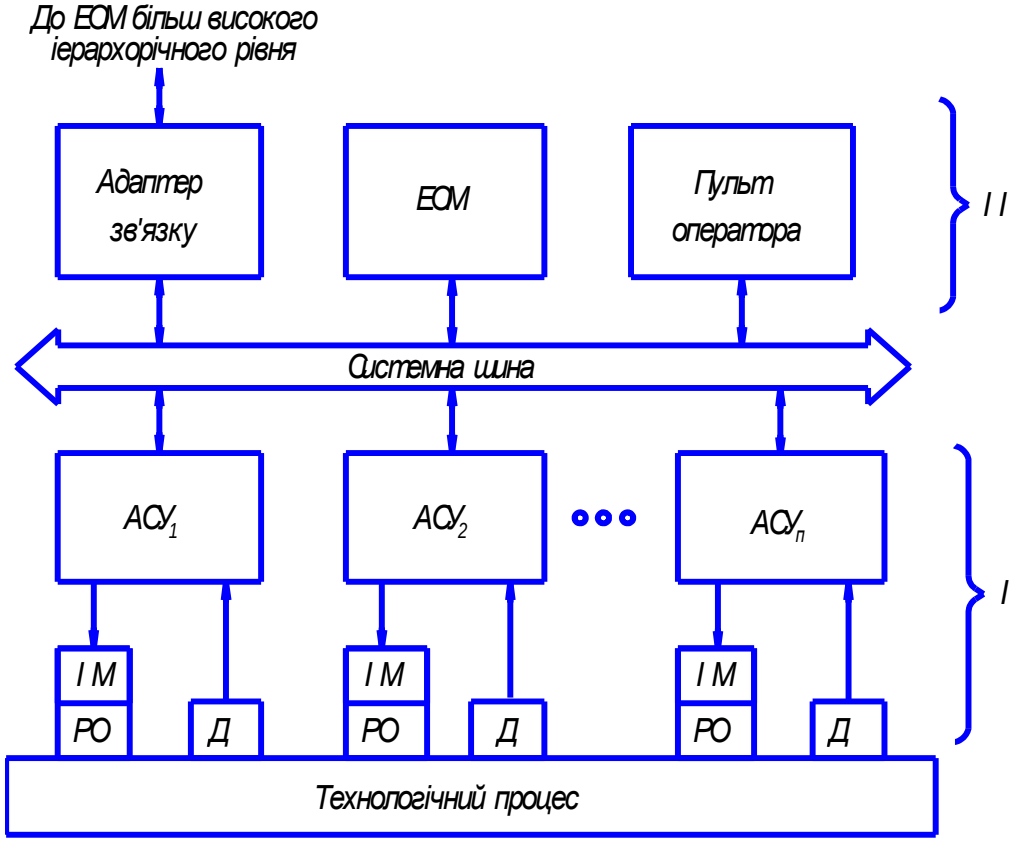


Рис. 1.3. Узагальнена схема комплексу технічних засобів автоматизованої системи управління технологічним процесом

На першому рівні управління розташовані локальні підсистеми ЛСУ1 ... ЛСУп , що представляють собою звичайні регулятори, пристрої логічного управління окремими виконавчими механізмами і двигунами (див., наприклад, рис. 1.1) або пристрої прямого цифрового управління (див. рис. 1.2). Вони отримують сигнали про стан технологічного процесу безпосередньо з датчиків Д і змінюють значення керуючих впливів за допомогою регулюючих органів РО.

Локальні системи управління підключаються до системної шини КТЗ (магістралі зв'язку), за допомогою якої здійснюється обмін інформацією між окремими модулями системи. Для підвищення надійності до системної шини може бути приєднано кілька однакових пристроїв, наприклад, ЕОМ. У разі виникнення відмови у роботі одного такого пристрою виконання покладених на нього функцій бере на себе інший пристрій.

Система другого рівня побудована на базі міні-або мікро-ЕОМ, у пам'яті якої знаходяться програми реалізації алгоритмів координації роботи локальних підсистем та інших функцій. Оскільки система загалом є автоматизованою, у ній передбачено пульт оператора зв'язку з людиною.

Пульт оператора може включати мнемосхему технологічного процесу, клавіші управління, цифрові та інші індикатори параметрів технологічного процесу, пристрої реєстрації цих параметрів і т. д.

У сучасних АСУ ТП до складу пультів входять дисплеї пристрою відображення інформації на електронно-променевій трубці, забезпечені клавіатурою. Екран має вигляд звичайного телевізора, на екрані якого відображається інформація у вигляді рядків символів, графіків, мікросхем.

Для об'єднання систем управління технологічними процесами та систем організаційного типу з метою побудови інтегрованої системи управління підприємством КТЗ АСУ ТП може включити адаптер зв'язку, за допомогою якого проводиться обмін інформацією з ЕОМ вищого ієрархічного рівня.

3.2. Підсистеми і функціональні складові логістичної автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

АСУ ТП у складі АТК виконує ряд функцій, пов'язаних із вирішенням завдання управління технологічним процесом в цілому. Відповідно до ГОСТ 17194-76, функцію АСУ ТП визначено як сукупність дій, вкладених

у досягнення приватної мети управління. Основними з них є: вимірювання поточних значень регульованих параметрів; обчислення регулюючих впливів та зміна стану регулюючих органів для управління технологічним процесом; облік витрати матеріалів та енергії, випуску продукції та інших показників; контроль роботи обладнання та поточних значень параметрів технологічного процесу; відображення ходу технологічного процесу на мнемосхемі пульта оператора, сигналізація про відхилення та ін.

Наведений перелік функцій не повний. Залежно від конкретного призначення АСУ ТП розробники формулюють перелік функцій та розбивають систему на підсистеми (виробляють декомпозицію), що реалізують кожну функцію. Тому їх склад буде розглянуто щодо конкретних АСУ ТП у будівництві.

Як було показано раніше, підсистеми АСУ ТП можуть бути реалізовані як схемно, так і програмно.

Для схемної реалізації алгоритмів функціонування структура АСУ ТП дуже повно відбивається на функціональних схемах автоматизації. Це зумовлено тим, що кожна з підсистем у цьому випадку реалізується у вигляді окремого пристрою, що виконує цілком конкретну функцію (регулятор, що показує прилад, сигналізуючий прилад тощо). На функціональній схемі автоматизації зображення кожного пристрою містить позначення виконуваних ним функцій.

За програмної реалізації кожна з функціональних підсистем оформляється у вигляді сукупності програм. Керуючий обчислювальний комплекс є загальним більшість підсистем. Тому за програмної реалізації поруч із функціональними схемами автоматизації широко використовуються структурні схеми.

Дуже важливою є керуюча функція АСУ ТП, мета якої-вироблення рішень та здійснення керуючих впливів на ТОВ. Відповідно до цієї функції АСУ ТП та їх складові діляться на класи:

1) автоматичного регулювання (АСР) – автоматичне управління об'єктами, при якому системі наказується підтримувати незмінними один або кілька параметрів технологічного процесу;

2) логіко-програмного управління - автоматичне управління ТОУ, при якому алгоритм здійснює логічно задану послідовність керуючих впливів без урахування показників якості функціонування системи;

3) задовільного управління – управління технологічним об'єктом за певним алгоритмом, що забезпечує знаходження критерію якості в заданих межах;

4) оптимального управління – управління ТОУ за певним алгоритмом, що забезпечує найкраще значення критерію якості управління;

5) адаптивного управління - управління з використанням інформації, одержуваної в процесі функціонування системи, для поліпшення процесу управління при початковій невизначеності та зміни зовнішніх умов;

6) управління, що самоорганізується – управління, при якому відбувається самоорганізація в системі без участі людини або при обмеженій його участі.

Слід зазначити, що у конкретної АСУ ТП можна використовувати кілька типів алгоритмів управління. В загальному випадку вони утворюють функціональну ієрархію управління технологічним процесом (рис. 1.4).

Рис. 1.4. Функціональна ієрархія управління технологічним процесом

На нижчому ступені ієрархії знаходиться шар вибору керуючого впливу, завдання якого полягає у визначенні керуючих впливів на підставі значень вхідних і вихідних змінних, що спостерігаються. Алгоритми шару вибору зазвичай реалізуються в системах чи підсистемах перших чотирьох класів.

У системі автоматичного регулювання пропонується підтримувати незмінними один чи кілька параметрів технологічного процесу. При цьому може бути використаний ПІД-закон регулювання або його окремі випадки.

При логіко-програмному управлінні завдання системи автоматики полягає у виробленні заданої послідовності керуючих впливів (типу включити, виключити) в залежності від сигналів, що надходять з датчиків і необхідних тимчасових співвідношень. Наприклад, при керуванні бетонозмішувачем періодичної дії можлива наступна послідовність технологічних та логічних операцій. На початку необхідно перевірити умови, за яких допустима операція завантаження (відсутність у бункері

бетону попереднього замісу, включеного приводу бетонозмішувача та ін.). Якщо ці умови виконані, повинне бути включено устрій, що подає вантаж на встановлений інтервал часу. Потім, після закінчення часу перемішування бетонної суміші, необхідно видати сигнал на пульт оператора про закінчення технологічного процесу.

Системи логіко-програмного управління дуже поширені у будівельній промисловості. Характерна їх особливість - відсутність критерію якості в явному вигляді, що враховується в алгоритмі управління.

У системах задовільного управління визначається критерій якості та можливі межі його зміни. Наприклад, для конкретної марки бетонної суміші можуть бути задані допустимі межі відносного вмісту кожного компонента. Завдання системи автоматики у тому, щоб критерій чи показники якості не виходили за встановлені межі.

Функціональне призначення систем оптимального управління полягає у знаходженні та реалізації таких керуючих впливів, при яких критерій якості приймає найкраще (мінімальне або максимальне) значення.

Використання мікро- і міні-ЕОМ в АСУ ТП дало змогу реалізувати складні алгоритми управління, що ґрунтуються на адаптивних методах. У таких системах інформація про зовнішні умови, що змінюються, і параметри технологічного процесу, що одержані в процесі їх функціонування, використовується для впливу на алгоритми шару вибору з метою поліпшення процесу управління.

Шар самоорганізації є найвищим рівнем управління. Він передбачає завдання деякої вихідної організації, що у подальшому удосконалюються. Цей шар може змінити як параметри так й алгоритми функціонування нижчестоящих шарів. У ієрархічних АСУ ТП особливе місце посідає завдання координації роботи локальних підсистем та пов'язана з нею функціональна складова. Залежно від складу ТОУ та вимогу технологічного процесу ця функція може бути реалізована і у вигляді підсистем логіко-програмного, задовільного чи оптимального управління.

Практична робота 2

Тема: «ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ СКЛАДУ»

1. Мета роботи: Ознайомитись з основними принципами автоматизації управління обладнанням складу.

2. Послідовність виконання:

1. Ознайомитись з наведеним матеріалом;
2. Написати реферат по наведеному матеріалу.

3. Інформаційна частина

3.1. Галузь використання

Основні принципи автоматизації управління обладнанням складу заповнювачів розглянемо на технологічній схемі складу закритого типу з надштабельним конвеєром (рис. 2.1).

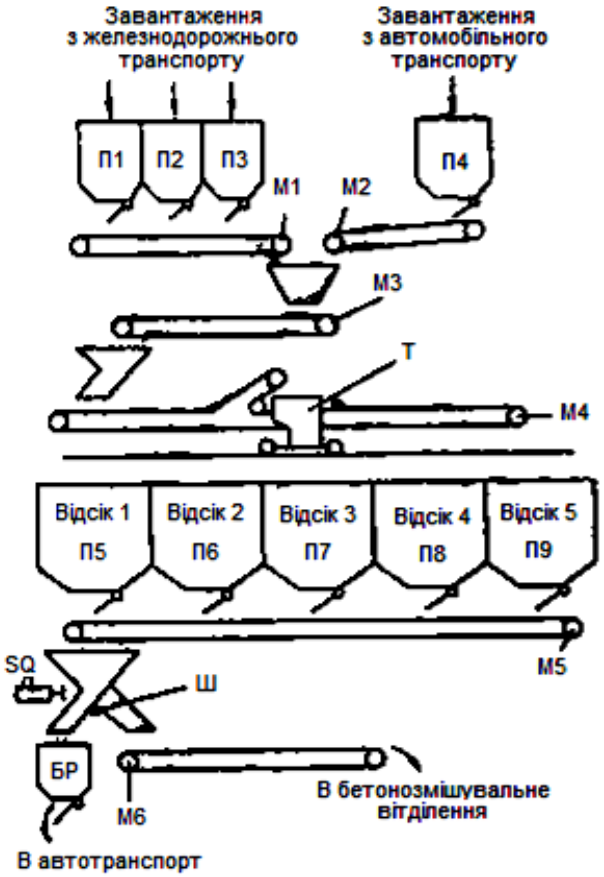


Рис. 2.1. Технологічна схема складу закритого типу з конвеєром

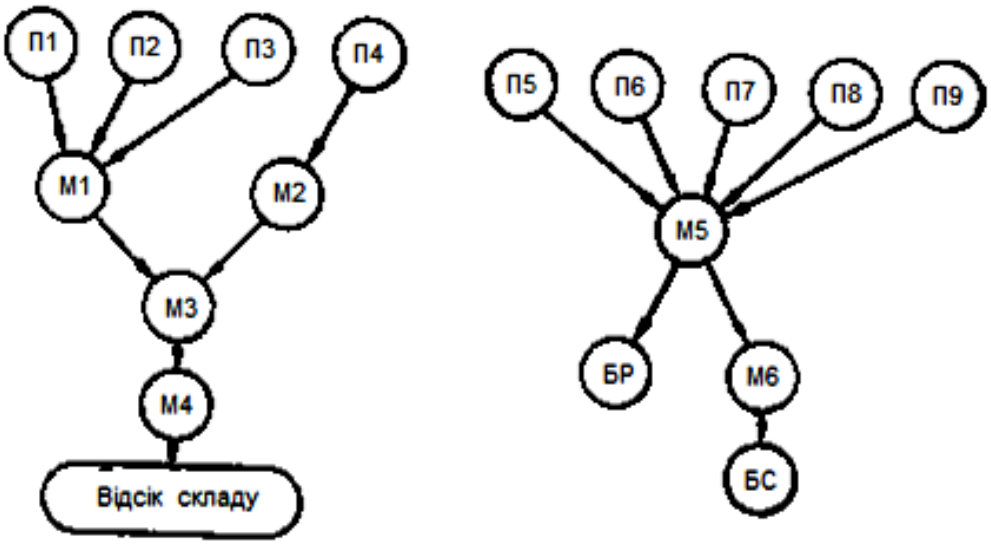
Склад складається з п'яти відсіків, у які матеріал надходить двома

трактами: з автомобільного та із залізничного транспорту. Матеріал з відсіків складу вивантажується також двома трактами: в бетонозмішувальне відділення та в автомобільний транспорт.

Склад може завантажуватися кількома транспортними шляхами, представленими на рис.2.2, *а* вигляді графа.

Кожен шлях включає один з живильників *П1 – П4*, послідовний ланцюг відповідних конвеєрів *Ml – М3* і конвеєр *М4*, з якого матеріал за допомогою візка , що скидає Т, подається у відповідний відсік.

Можливі транспортні шляхи під час видачі матеріалу зі складу представлені на рис. 2.2, *б*.



а *б*

Рис. 2.2. Схема завантажування і розвантажування кількома транспортними шляхами, представленими в вигляді графа

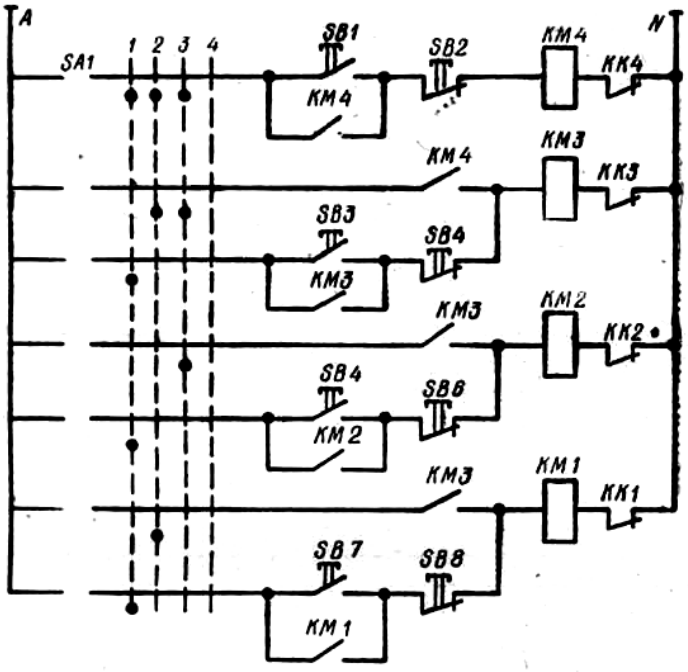
Вони включають живильники *П5-П9*, конвеєр *М5*, шибер *Ш*, залежно від положення якого матеріал надходить на конвеєр М6 і далі в бетонозмішувальне відділення *БС* або у видатковий бункер *БР* з подальшим вивантаженням в автотранспорт.

У процесі управління система автоматизації повинна встановлювати *Т* і *Ш* у необхідне положення, що керує послідовністю вмикання та вимикання агрегатів, реалізувати блокувальні залежності. Щоб уникнути завалу наступних по матеріальному потоку агрегатів попередніми, вони повинні включатися в послідовності проти, а вимикатися – у напрямку матеріального потоку.

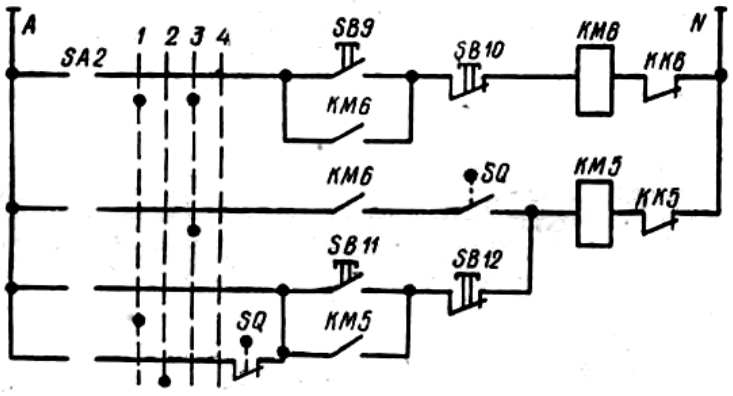
Якщо якийсь агрегат транспортного ланцюга вийде з ладу, система повинна відключити попередні по матеріальному потоку агрегати.

Таким чином, для управління цим процесом повинна бути використана система логіко-програмного управління, що реалізована схемно або програмно. Найчастіше зустрічається схемна реалізація з використанням електромагнітних реле та інших контактних елементів автоматики. Основний принцип побудови такої системи полягає в послідовному з'єднанні в ланцюгу живлення магнітних пускачів агрегатів.

Наприклад, включення пускача *КМ1* (рис. 2. 3, а) в режимі ручного управління можливе тільки при виконанні таких умов: перемикач *SA1* встановлений у положення 1; кнопка вимикача цього конвеєра не натиснута (контакт *SB7* замкнутий); тросовий вимикач першого конвеєра знаходиться у вихідному стані (контакт *КК1* замкнутий).



а



б

Рис. 2.3. Система логіко-програмного управління видачі матеріалу зі складу з використанням електромагнітних реле

Система другого рівня побудована на базі міні-або мікро-ЕОМ, у пам'яті якої знаходяться програми реалізації алгоритмів координації роботи локальних підсистем та інших функцій. Оскільки система загалом є автоматизованою, у ній передбачено пульт оператора зв'язку з людиною.

Розглянемо роботу схеми загалом.

Двигуни *М1—М4* конвеєрів включаються при замиканні контактів магнітних пускачів *КМ1— КМ4.* Під час установки його в перше положення схема переводиться в режим ручного управління, при якому кожен з конвеєрів може бути включений за допомогою кнопок *SB1 , SB3, SB4, SB7* незалежно стану інших конвеєрів.

При встановленні перемикача *SA1* у друге положення реалізується автоматичний режим керування ланцюжком конвеєрів *М1, М3, М4* подачі матеріалів у відсіки складу. Для автоматичного пуску цього ланцюжка досить натиснути кнопку *SB1*, яка замикає ланцюг живлення магнітного пускача *КМ4.* Коли він спрацьовує, замикається його контакт, встановлений в ланцюзі живлення магнітного пускача *КМ3*, що призводить до включення третього конвеєра. Аналогічно спрацьовує магнітний пускач *КМ3,* що призведе до замикання контакту, встановленого в ланцюзі живлення пускача *КМ1*, та включення першого конвеєра.

Відповідно до вимог техніки безпеки, для зупинки конвеєрів з будь-якого місця по всій його довжині встановлюють тросові вимикачі. Розмикаючи контакти *КК1-КК4* цих вимикачів послідовно включені в ланцюги живлення пускачів *КМ1-КМ4.* Якщо в процесі завантаження складу вимкнеться якийсь із конвеєрів, то автоматично будуть вимкнені попередні по матеріальному потоку конвеєри. Відбувається це в такий спосіб. Нехай у процесі подачі матеріалу у відсіки складу транспортного ланцюга, що включає конвеєри *М1, М3, М4,* спрацює тросовий вимикач, встановлений на третьому конвеєрі. Тоді контакт *КК3,* що розмикає, розірве ланцюг живлення магнітного пускача *КМ3* і вимкне цей конвеєр. Одночасно буде розімкнуто замикаючий контакт КМ3 в ланцюзі живлення магнітного пускача *КМ1,* що призведе до відключення також першого конвеєра. Так як при працюючому четвертому конвеєрі небезпеки завалу матеріалом третього конвеєра в цьому випадку не виникає, він не вимикається.

Під час встановлення перемикача *SA1* у третє положення реалізується режим керування ланцюжком конвеєрів *М2, М3, М4.* Схема працює аналогічно режиму 2 із заміною першого конвеєра на другий.

Установка перемикача *SA1* четверте положення призводить до вимкнення всіх конвеєрів.

Процесом видачі матеріалів зі складу управляють за допомогою системи, принципова електрична схема якої зображена на рис. 2.3, *б*. При

встановленні перемикача *SA2* у перове положення реалізується режим ручного управління аналогічно схемою, показаною на рис. 2.3, *а*.

Два можливі шляхи видачі задаються з пульта управління установкою перемикача *SA2* у друге чи третє положення. При встановленні цього перемикача у друге положення ланцюг живлення магнітного пускача КМ5 під'єднується до шини А через розмикаючий контакт кінцевого вимикача SQ положення шибера Ш. Тому п'ятий конвеєр може бути включений кнопкою SB11 тільки тоді, коли шибер Ш встановлений в положення, при якому матеріал надходить у бункер БР (див. рис. 2.1).

Під час встановлення перемикача *SA2* в третє положення реалізується режим автоматичного управління транспортним ланцюгом агрегатів видачі матеріалу в бетонозмішувальне відділення. У цьому положенні електричний ланцюг живлення магнітного пускача *КМ5* замикається, коли включається шостий конвеєр і шибер Ш встановлено в положення видачі на нього матеріалу.

Принципові електричні схеми, зображені на рис. 3.3 – спрощені. Вони лише показують принцип реалізації блокувальних залежностей та управління послідовністю агрегатів транспортних ланцюгів з використанням контактної апаратури. Реальні схеми складніші і можуть містити ряд додаткових елементів, що реалізують додаткові функції. Так, для захисту двигунів конвеєрів від перевантажень у системі можуть бути встановлені теплові реле, розмикаючі контакти яких включаються послідовно в ланцюг живлення магнітних пускачів включення двигунів. На потужних конвеєрах можуть бути встановлені датчики положення стрічки, її цілісності, натягу та ін. Розмикачі контакти цих датчиків також підключаються послідовно в ланцюзі живлення магнітних пускачів.

Розглянуті на рис. 2.3 схеми мають суттєвий недолік. Вони не враховується необхідність тимчасових затримок при послідовному включенні агрегатів транспортних ланцюгів. Тому двигуни агрегатів включаються майже одночасно, що призводить до значного підвищення струму споживання від мережі в період пуску.

Зазначений недолік може бути усунений паралельним під'єднанням до обмоток магнітних пускачів реле часу та послідовним приєднанням замикаючих контактів цих реле в ланцюзі живлення магнітних пускачів попередніх конвеєрів (управління за часом).

Інший шлях усунення цього недоліку – встановлення реле швидкості стрічки конвеєрів, розмикаючі контакти яких знаходяться в ланцюзі живлення магнітних пускачів керування електричними двигунами попередніх матеріального потоку конвеєрів (управління за швидкістю).

Практична робота 3

Тема: **«АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДІВ ЦЕМЕНТУ»**

1. Мета роботи: Ознайомитись з основними принципами автоматизації складів цементу

2. Послідовність виконання:

1. Ознайомитись з наведеним матеріалом;
2. Написати реферат по наведеному матеріалу.

3. Інформаційна частина

3.1. Автоматизація складів цементу

Для зберігання цементу у будівельній промисловості найпоширеніші силосні склади, обладнані пневмотранспортом. Транспортні ланцюги таких складів можуть працювати у трьох режимах: завантаження, перекачування та видачі цементу. Призначення режимів завантаження та вивантаження таке саме, як і для складу заповнювачів. Режим перекачування обумовлений необхідністю періодичного розпушування маси цементу, так як при тривалому зберіганні з нерухомого стану втрачається його якість.

Основні принципи автоматизації складів цементу розглянемо з прикладу силосного складу, що складаються з трьох банок *Б1 – Б3* (рис. 3.1).

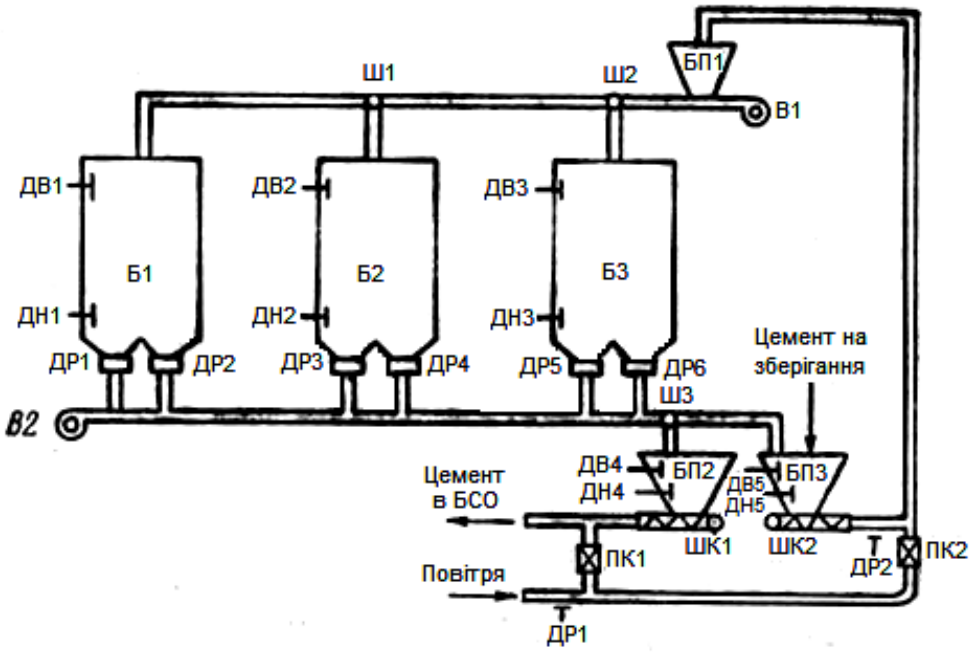


Рис. 3.1. Схема силосного складу цементу

Прийом цементу проводиться в проміжний бункер *БП3,* а потім ерліфтом, через напірний шнек живлення *ШК2* і пневмоклапан *ПК2* подається на вхід приймального бункера *БП1* верхнього аерожелоба з встановленим вентилятором *В1*, шиберами *Ш1* і *Ш2*. Потім цемент надходить у відповідну банку.

У бетонозмішувальне відділення цемент видається через донні розвантажувачі — *ДР*, нижній аерожелоб із встановленим вентилятором *В2* та шибером *Ш3*, бункер *БП2* пневмонасосу, шнек *ШК1* та пневмоклапан *ПК1*.

У режимі перекачування цемент через донні розвантажувачі *ДР1* - *ДР6* надходить у нижній аерожелоб і потім бункер *БП3*, звідки за допомогою ерліфта подається у верхній аерожолоб і далі у відповідну банку.

Завдання системи автоматичного управління полягає у включенні агрегатів транспортного ланцюга у необхідній послідовності, контролі роботи обладнання, реалізації блокувальних залежностей та вимиканні агрегатів при закінченні процесів завантаження, розвантаження та перекачки цементу.

Система управління агрегатами складу цементу, як і складу наповнювачів, логіко-програмна. Тому принципи їх побудови з урахуванням контактних елементів автоматики аналогічні. Вибір режиму і транспортного шляху при схемної реалізації задається з пульта оператора перемикачем режимів, блокувальні залежності реалізуються послідовним включенням контактів, що відображають виконання необхідних включення умов, в ланцюзі живлення магнітних пускачів управління двигунами агрегатів.

У зв'язку із застосуванням ЕОМ для побудови АСУ ТП підприємств. будівельної промисловості можливе також використання програмного принципу реалізації алгоритму управління складом цементу. І тут комплекс технічних засобів системи управління має структурну схему, показану на рис. 3.2.

Система працює в такий спосіб.

Сигнали, що надходять з датчиків і клавіатури пульта, перетворюються нормуючими перетворювачами до форми та виду, прийнятим у блоці цифрового введення, і зчитуються при виконанні відповідних команд в пам'ять мікро-ЕОМ. Кожна функція управління реалізується як окремої програми. Програми у процесі виконання взаємодіють між собою. У необхідні моменти часу мікро-ЕОМ за

допомогою блоку цифрового виведення і нормуючих перетворювачів включає і вимикає виконавчі механізми і двигуни агрегатів, а також управляє засобами індикації на пульті.

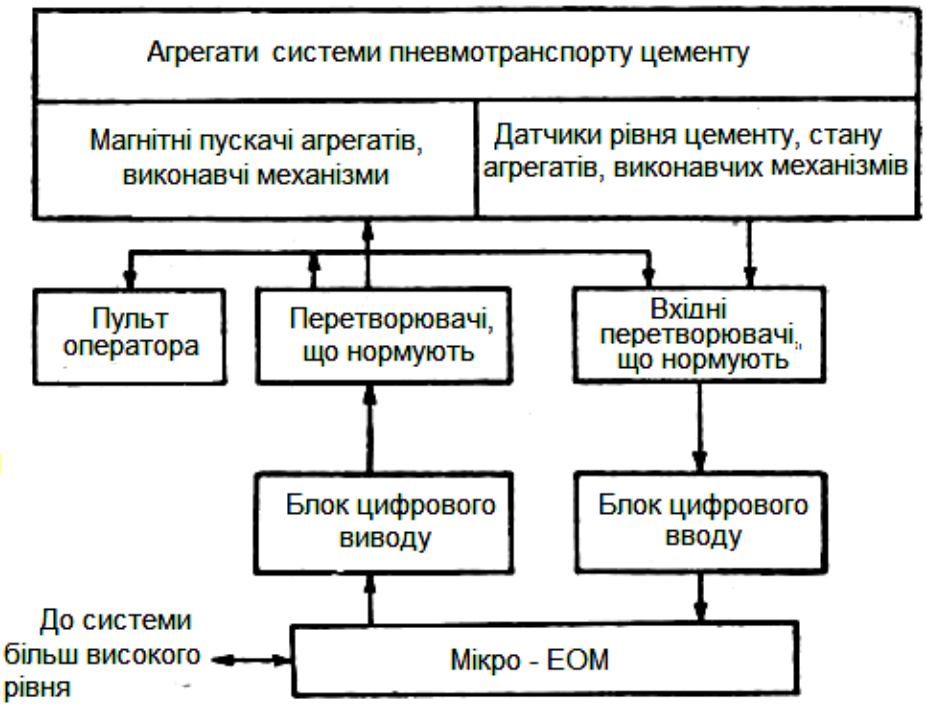


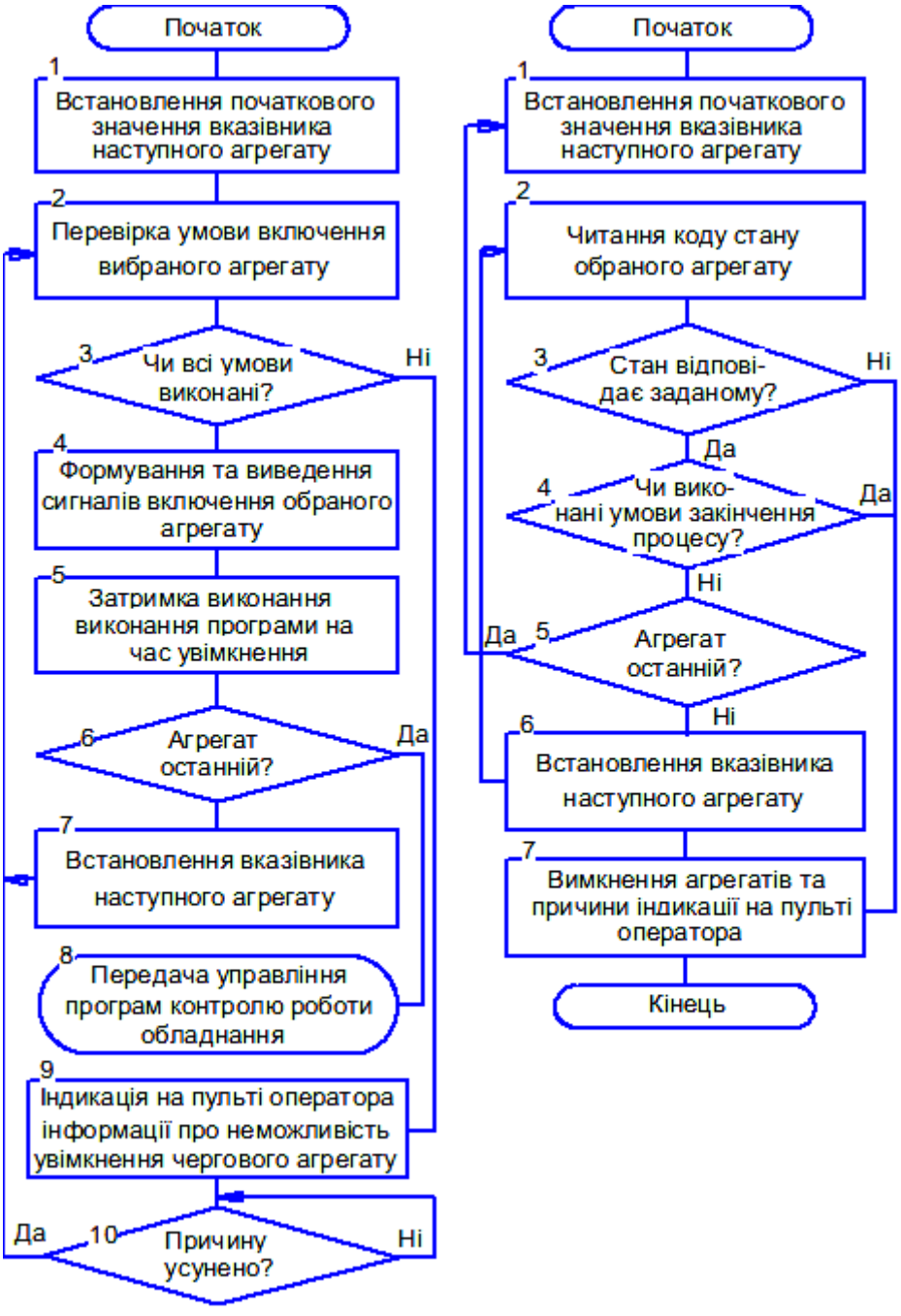
Рис. 3.2. Структурна схема комплекса технических средств автоматизованої системи управління технологічним процесом

Розглянемо роботу програм, що реалізують функції керування послідовністю включення агрегатів транспортного ланцюга та контролю роботи обладнання (рис. 3.3).

Інформація про поточний стан кожного агрегату зберігається у групі послідовно розташованих осередків ОЗУ, званих записами. У кожному запису вказуються також умови, у яких відповідний агрегат може бути включений.

Програми працюють в такий спосіб. Оператор, використовуючи клавіатуру пульта, задає транспортний шлях переміщення цементу і натискає спеціальну клавішу зв'язку з ЕОМ, після чого управління передається блоку 1 (рис. 3.3, *а*) програми управління послідовністю включення агрегатів. Блок 1 встановлює початкове значення покажчика (адреса початку запису) першого агрегату транспортного ланцюга і передає управління блоку 2, за допомогою якого перевіряються умови, необхідні для його включення. Так, включення донних розвантажувачів можливе лише

при включеному вентиляторі *В2* (рис. 3.1). Включення шнеків *ШК1* і *ШК2* можливе тільки за наявності матеріалу в бункерах *БП2*, *БП3*, контрольованого датчиками верхнього *ДВ4*, *ДВ5* і нижнього *ДН4, ДН5* рівнів, при нормальному тиску повітря в пневмомережі, контрольованого за допомогою датчика *ДР1*, і відкритих пневмоклапанах *ПК1, ПК2*.



а *б*

Рис. 3.3. Програми, що реалізують функції керування послідовністю включення агрегатів транспортного ланцюга та контролю роботи обладнання

Якщо зазначені умови задовольняються, то блок 3 (рис. 3.3, *а*) передає управління блоку 4 формування і виведення сигналів включення чергового агрегату, після чого управління передається блоку 5 затримки виконання програми на час включення. В іншому випадку управління передається блоку 9, що здійснює індикацію на пульті оператора інформації про неможливість включення чергового агрегату.

Якщо включений останній агрегат, блок 6 передає управління блоку 8, який, у свою чергу, передає управління програмі контролю роботи обладнання. Якщо включений агрегат не останній, то блок 6 передає управління блоку 7, і цикл включення чергового агрегату повторюється.

Після включення всіх агрегатів транспортного ланцюга необхідно контролювати їхню роботу, оскільки в силу різних причин, наприклад спрацьовування теплового захисту двигунів, натискання на кнопки зупинки приводу за місцем розташування агрегатів і деяких інших, вони можуть вимикатися. Враховуючи високу швидкодію керуючих обчислювальних машин, роботу обладнання можна контролювати послідовною перевірку відповідності істинного стану агрегатів, одержуваного із встановлених на них датчиків, до необхідного, що зберігається в пам'яті ЕОМ. Така перевірка повинна проводитися в циклі з досить малим інтервалом часу, щоб при раптовій відмові одного з агрегатів у системі не встигли відбутися небажані явища.

Схема програми контролю наведено на рис.3.3 *б*.

Програма виконується в такий спосіб. Після встановлення покажчика запису першого агрегату транспортного ланцюга за допомогою блоку 1 управління передається блоку читання коду стану обраного агрегату з встановлених на ньому датчиків. Блок 3 перевіряє відповідність цього коду заданому, що зберігається в пам'яті ЕОМ. Якщо заданий стан не відповідає необхідному, управління передається блоку 7 вимикання агрегатів транспортного ланцюга та індикації причини зупинки на пульті оператора. В іншому випадку управління передається блоку 4 перевірки умови закінчення процесу.

Якщо система керування складом працює в режимі прийому цементу, то умовою закінчення процесу може бути сигнал про заповнення вибраного бункера, що надійшов з одного з датчиків верхнього рівня *ДВ1-ДВ3* (рис.1). Під час видачі цементу умовою закінчення процесу може бути сигнал, що

надходить із однієї з датчиків нижнього рівня *ДН1–ДН3*. У режимі перекачування умовою закінчення процесу може бути сигнал про відсутність матеріалу в силосі видачі або заповнення силосу прийому, що надходить з відповідних датчиків.

Якщо умови закінчення процесу виконані, блок 4 передає управління блоку 7, і виконання програми закінчується. В іншому випадку управління передається блоку 5 перевірки умови закінчення послідовності контрольованих агрегатів. Якщо ця умова не виконано, то управління передається блоку 6 установки покажчика запису наступного агрегату і цикл повторюється. В іншому випадку управління передається блоку 1, і контроль стану послідовності агрегатів транспортного ланцюга починається спочатку.

На складах залізобетонних виробів вантажно-розвантажувальні роботи механізовані та здійснюються в основному за допомогою мостових та козлових кропів. У зоні дії крана вздовж під'їзних колій та наскрізних проїздів розташовуються складські майданчики зі штабельним або касетним зберіганням виробів, покладених на дерев'яні підкладки.

Автоматизація складів залізобетонних виробів може бути здійснена на підставі програмно-дистанційного управління механізмами кранів. У цьому випадку передбачаються автоматична адресація крана за заданими координатами складу та дистанційне керування механізмами захоплення та підйому. Усі команди повинні передаватися по радіоканалах, оскільки такелажник управляє краном із різних пунктів складу.

Практична робота 4
Тема: «АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИГОТУВАННЯ ТА ВИДАЧІ БЕТОННОЇ СУМІШІ СПОЖИВАЧУ»

1. Мета роботи: Ознайомитись з основними принципами автоматизації логістичної системи приготування та видачі бетонної суміші споживачу.

2. Послідовність виконання:

1. Ознайомитись з наведеним матеріалом;
2. Написати реферат по наведеному матеріалу.

Існують системи автоматичного управління окремими агрегатами приготування бетонної суміші. Автоматизована логістична система приготування та видачі бетонної суміші споживачу є складнішою. Зважаючи на необхідність проводити безліч арифметичних і логічних операцій, запам'ятовувати велику кількість інформації, виконувати складні алгоритми управління та інших причин ця система зазвичай проектується на базі технічних засобів.

Функціональна схема АСУ ТП виготовлення бетонної суміші зображена на рис. 4.1.

Технологічний об'єкт управління складається з бункерів піску БП, щебеню двох фракцій БЩ та цементу БЦ; ємностей хімічних добавок ОД та води ЕВ; дозаторів відповідних компонентів ДП, ДЩ, ДЦ, ДЗ; збірної вирви СВ; бункерів видачі бетонної суміші в автотранспорт БВА та на формувальні ділянки БВФ.

Склад ТОУ, а також схема матеріального потоку неоднакові для бетонозмішувальних вузлів різних підприємств. Наприклад, реальний бетонозмішувальний вузол може включити не один, а кілька бункерів цементу різних марок, резервуар для води може бути відсутнім і вода може надходити в дозатор прямо з водопровідної мережі. Застосовується кілька різновидів хімічних добавок, й у кожної можуть бути передбачені окремі дозатори.

Різноманітність технологічного обладнання бетонозмішувальних вузлів, а також можливих зв'язків між агрегатами по матеріальному потоку ускладнює автоматизацію аналізованого процесу за допомогою типових пристроїв зі схемною реалізацією алгоритму управління, оскільки вимагає доопрацювання схем на етапі прив'язки системи до конкретного об'єкта.

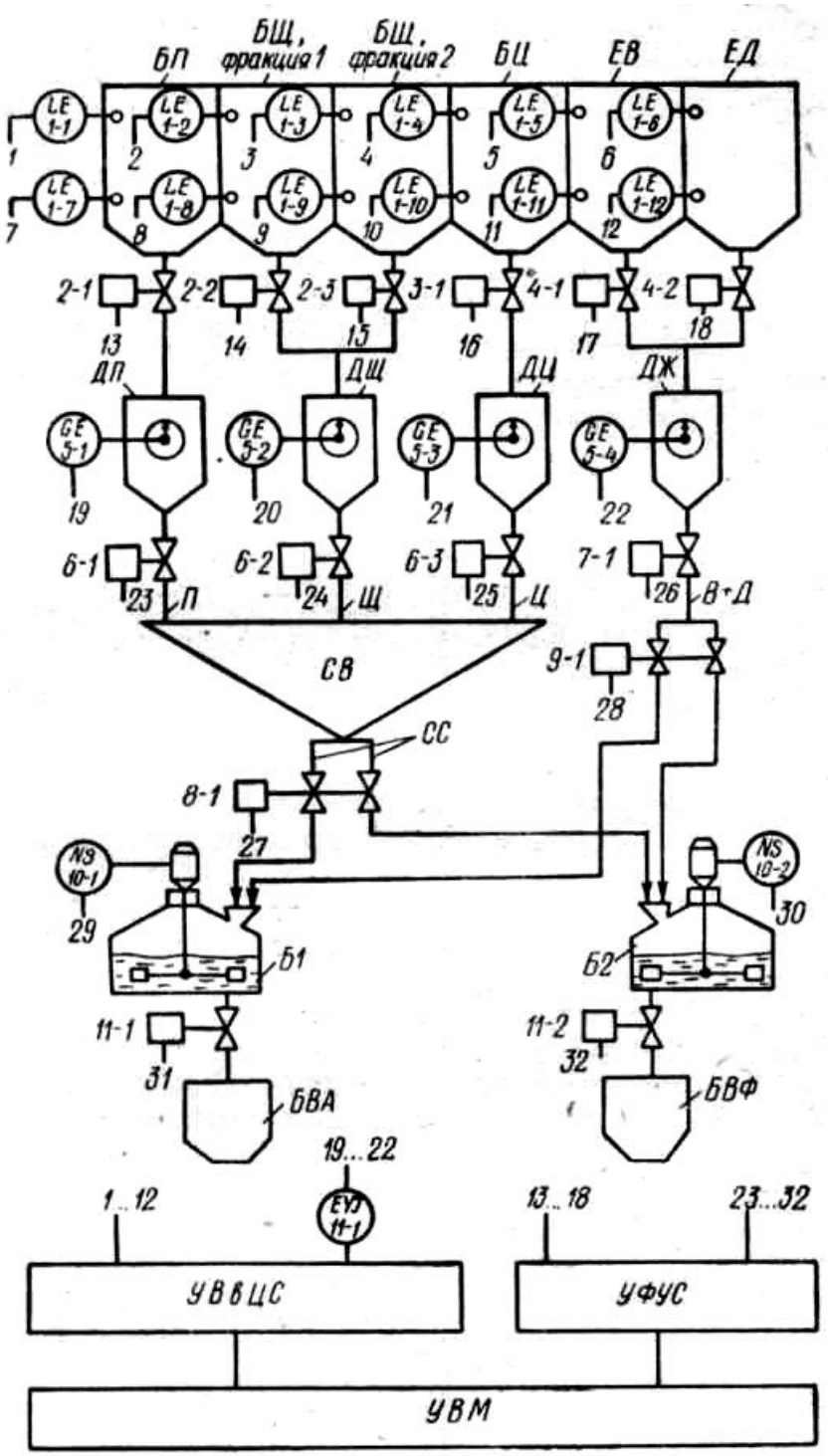


Рис. 4.1. Функціональна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом виготовлення бетонної суміші

Тому сучасні АСУ ТП приготування бетонної суміші будуються на базі мікро- або міні-ЕОМ з програмною реалізацією виконуваних функцій, у якій на етапі прив'язки в основному коригується програмне забезпечення системи, КТС АСУ ТП приготування бетонної суміші включає:

- датчики верхнього та нижнього рівнів 1-1 - 1-12 матеріалів і рідин у бункерах та ємностях; живильники дозаторів 2-1 - 2-3, 3-1, 4-1, 4-2;

- датчики положень стрілок циферблатних покажчиків маси матеріалу та рідини в бункерах дозаторів 5-1 - 5-4;

- затвори розвантаження дозаторів 6-1 - 6-3, 7-1;

- шибери 8-1 і клапани 9-1 на два положення подачі сухої (СС) і рідкої (В + Д) сумішей або в бетонозмішувач 1 (Б1), або в бетонозмішувач 2 (Б2);

- магнітні пускачі 10-1, 10-2 включення приводу бетонозмішувачів;

- перетворювач 11-1 електричних сигналів, що знімаються з датчиків положення стрілки цифрових покажчиків, в код;

- пристрої введення цифрових сигналів в ЕОМ (УВ та ЦС) та пристрої формування керуючих сигналів, що поступають з ЕОМ (УФУС);

- керуючу обчислювальну машину (УВМ).

Програми управління обладнанням бетонозмішувального вузла ієрархічно організовані. Нижній рівень ієрархії займають програми управління окремими агрегатами. При цьому залежно від методів керування окремими агрегатами на них можуть бути встановлені додаткові датчики. Наприклад, на бетонозмішувачах можуть бути встановлені датчики електропровідності бетонної суміші або датчики потужності, що споживається приводом. Верхній рівень управління пов'язаний із необхідністю координації роботи агрегатів системи, щоб вони працювали узгоджено.

Завдання координації зводиться в основному до завдання режимів та управління послідовністю включення та вимикання окремих агрегатів. Процес координації роботи обладнання бетонозмішувального вузла можна розбити на три етапи: дозування заданої сукупності компонентів, управління послідовністю їх завантаження в бетонозмішувач, перемішування та вивантаження бетонної суміші в бункер видачі.

Розглянемо основні алгоритми дозування сукупності компонентів (багатокомпонентного дозування), так як вони найбільш повно показують шляхи підвищення якості бетонної суміші за рахунок використання високих можливостей мікропроцесорних засобів.

Через нерівномірність надходження матеріалу, наявність перехідних процесів, коливань тривалості спрацьовування живильників та інших причин значення маси дози компонента в кінці процесу її набору відрізняється від заданого на деяку величину. Похибка набору дози може бути зменшена застосуванням прогнозуючих алгоритмів, що визначають

момент відсічення з урахуванням вибігу системи. Однак зазначена помилка в більшості випадків відмінна від нуля і дорівнює 01-3 %. Наявність цієї помилки призводить до відхилення відсоткового вмісту компонентів у суміші від заданого, що погіршує її якість. Зменшити це відхилення на етапі дозування компонентів можна застосуванням алгоритмів послідовної або паралельної координації. Розглянемо кожен із них.

Позначимо задану масу порції бетонної суміші певної марки через $P_{ст}$. Марка бетонної суміші визначає типи компонентів та їх відносний вміст у суміші, яке поставимо у вигляді вектора

$$C = (C_1, C2, ... C_i, ... C_n),$$

де C_i – відносний вміст *i*-го компонента в суміші аналізованої марки; *n* – кількість компонентів. Тоді задана маса дози P_{zi} і компонента визначається за формулою

$$P_{zi} = P_{cz}\, C_i. \qquad (1)$$

Алгоритм послідовної координації передбачає послідовне у часі дозування кожного компонента. Його схема зображено на рис. 4.2, *а*.

Спочатку блок 1 встановлює покажчик номера компонента (індекс *i*) в одиничне значення. Потім у блоці 2 обчислюється задана маса дози P_{z1} згідно з виразом (1) і управління передається блоку 3.

Після закінчення процесу дозування стає відома помилка набору дози *i* -го компонента, яка обчислюється в блоці 4 за формулою

$$\Delta_{\text{н.д}i} = P_{ki} - P_{zi} \qquad (2)$$

де P_{ki} – маса *i*-ї дози, визначена згідно з сигналом датчика в кінці процесу, коли матеріал не надходить у вантажоприймальний пристрій дозатора і перехідні процеси загасли.

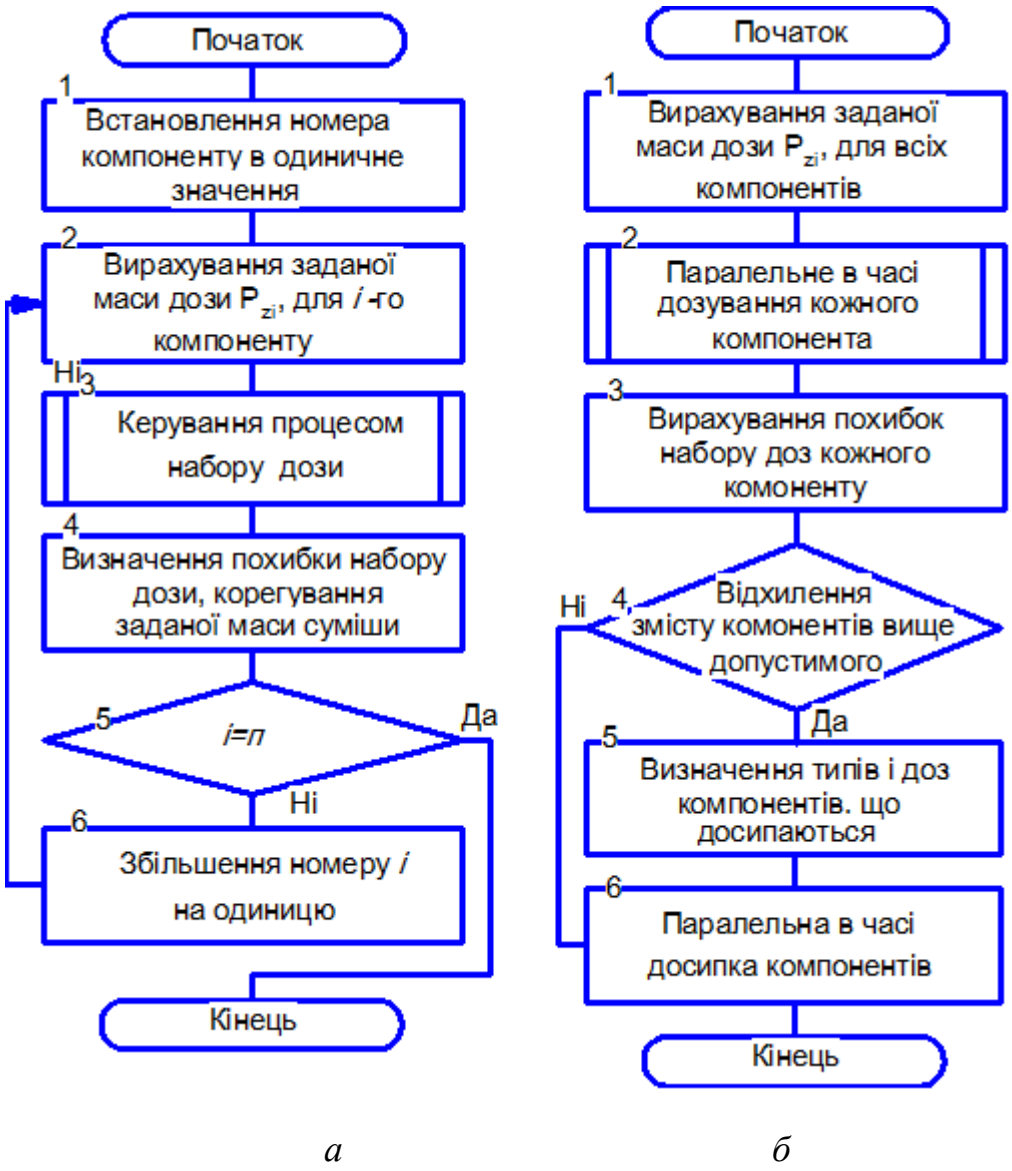


Рис. 4.2. Алгоритм послідовної координації у часі дозування кожного компонента при виготовлені бетонної суміші

Оскільки наступний компонент ще дозувався, його задану масу можна розрахувати з умови мінімізації відхилення відносного змісту компонентів від заданого. Так, вплив помилки дози першого компонента $\Delta_{н.дi}$, на відносний вміст його в суміші можна повністю компенсувати, якщо змінити масу порції замовленої суміші P_{cz}, визначивши її за формулою

$$P_{cz} = P_{к1}/C_1. \qquad (3)$$

Вплив помилок набору доз інших компонентів з їхньої відносне вміст у суміші повністю компенсувати корекцією значення P_{cz} який не завжди

можливо. Однак, задавшись деякою мірою допустимого відхилення відносного змісту, наприклад, максимальним значенням $\Delta_{н.дi}$ серед усіх компонентів, її можна мінімізувати на кожному кроці корекцією чергового значення P_{cz}. Зазначена корекція проводиться за допомогою блоку 4.

Блок 5 перевіряє умову закінчення багатокомпонентного дозування і передає управління або блоку 6 збільшення номера компонента на одиницю і переходу до циклу його дозування, або блоку закінчення програми.

Слід зазначити дуже важливу особливість алгоритму послідовної координації, що полягає в тому, що зменшення відхилення відносного вмісту компонентів у суміші від заданого досягається за рахунок зміни загальної маси суміші, що готується. Якщо виконання замовлення пов'язані з приготуванням кількох замісів, це зміна може бути компенсовано корекцією маси наступної дози багатокомпонентної суміші залежно від мас попередніх доз.

Оскільки розглянутий алгоритм можна застосовувати тільки для послідовного в часі дозування кожного компонента суміші, він істотно знижує продуктивність дозувального відділення бетонозмішувального вузла. Вільний від цього недоліку алгоритм паралельної координації багатокомпонентного дозування, схема якого представлена на рис. 4.2, *б*.

Паралельна координація багатокомпонентного дозування проводиться у такій послідовності.

За допомогою блоку 1 згідно з виразом (1) розраховуються задані значення доз для всіх компонентів. Потім блоком 2 проводиться паралельне в часі дозування кожного компонента, після чого блоком 3 обчислюються помилки $\Delta_{н.дi}$, і набору дози згідно з виразом (2). Якщо ці помилки не виходять за межі допустимих, то блок 4 передає управління блоку закінчення процесу багатокомпонентного дозування. В іншому випадку керування передається блоку 5, за допомогою якого визначаються типи компонентів, що підлягають досипці, і обчислюються розміри досипок наступним чином. Спочатку знаходиться нове значення маси всієї суміші P_{cz}, при якому шляхом досипок компонентів мінімального розміру можна точно витримати задане їх співвідношення в суміші:

$$P_{cz} = \max (P_{кi}/C_i). \qquad (4)$$

На підставі параметра P_{cz} обчислюються мінімально можливі значення досипок, при яких відносний вміст всіх компонентів у суміші дорівнює їхньому заданому значенню:

$$\Delta_{\text{дi}} = P_{cz}C_i — P_{\kappa i}. \quad (5)$$

Після обчислення розмірів досипок Δді керування передається блоку 6, який включає всі дозатори, у яких $\Delta_{\text{дi}} > 0$, режим досипок. Причому живильники включаються протягом невеликого інтервалу часу, пропорційного розміру досипання відповідного компонента.

Зважаючи на паралельне в часі дозування компонентів та здійснення режимів досипок алгоритм паралельної координації забезпечує максимально можливу продуктивність дозувального відділення.

Функціональні можливості АСУ ТП приготування бетонної суміші можуть бути розширені автоматизацією замовлення бетонної суміші та її доставки споживачеві. Структурна схема такої системи представлена на рис. 4.3.

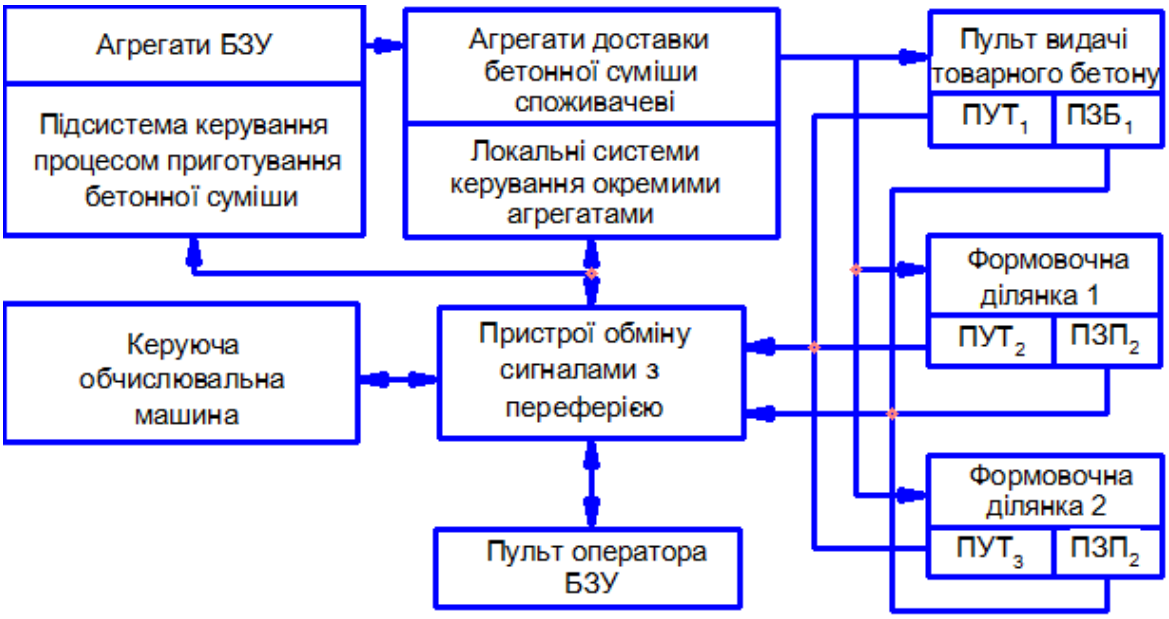


Рис. 4.3. Структурна схема автоматизованої системи управління технологічним процесом приготування бетонної суміші

Раніше розглянута система управління процесом приготування бетонної суміші входить в цю систему в якості окремої складової. Крім того, є окрема підсистема керування агрегатами доставки бетонної суміші

споживачеві. В основному це мережа конвеєрів із встановленими на них ножовими або плужковими скидками, що комутують потік бетонної суміші.

На технологічних ділянках, що споживають бетон, встановлені пульти замовлення бетонної суміші (ПЗБ), які є термінальні пристрої і підключені до ЕОМ за допомогою ліній зв'язку через пристрій обміну сигналами з периферією.

Використовуючи ПЗБ, споживач може ввести в ЕОМ повідомлення про необхідність приготування та доставки чергової порції бетонної суміші, в якому вказується марка, загальний об'єм або маса та момент часу, до якого замовлена суміш знадобиться на технологічній ділянці.

Керуюча обчислювальна машина, прийнявши замовлення, ставить його в чергу на виконання. У міру звільнення обладнання БСУ та агрегатів доставки ЕОМ вибирає замовлення з черги з урахуванням привласнених оператором для кожного пункту споживання пріоритетів і приступає до їх виконання.

Спочатку дозується кожен компонент відповідно до розглянутих раніше алгоритмів паралельної або послідовної координації. Потім отримані порції компонентів завантажуються в змішувач і здійснюється керування процесом перемішування. Коли готова суміш надійде в бункер видачі, обчислювальна машина, що управляє, за допомогою засобів сигналізації та індикації, встановлених на ПЗБ, повідомляє про це замовнику. Одночасно проводиться вибір агрегатів доставки бетонної суміші на відповідний пункт споживання і їх формується транспортна ланцюг.

Інтенсивність споживання бетонної суміші має регулюватися з пункту споживання. Тому на них передбачені пульти керування транспортом (ПКТ), за допомогою яких включаються та вимикаються агрегати транспортного ланцюга.

Робота обладнання всієї системи відображається на мнемосхемі пульта оператора бетонозмішувального відділення, що дає йому змогу спостерігати за перебігом технологічного процесу для оперативного впливу на нього.

Розглянута АСУ ТП належить до класу систем розподіленого управління, оскільки складається з низки підсистем, здатних функціонувати автономно. Кожна з підсистем може бути побудована на основі різних технічних засобів. Наприклад, в АСУ ТП «Бетон» Харківського домобудівного комбінату підсистема управління процесом приготування

бетонної суміші побудована на базі СУБЗ-2, локальні системи управління агрегатами доставки бетонної суміші побудовані на базі елементів контактної автоматики, а як керуюча обчислювальна машина використовується мікро- ЕОМ.

Список літератури

1. Атоматика і атоматизація виробничих процесі / під ред. проф. Нечаева Г.К. – Київ : Вища шк. Головне вид-во, 1985. – 279 с.

Навчально-методичне видання

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
всіх форм навчання

Укладачі: **Гаврюков** Олександр Володимирович;
Самойленко Микола Іванович;
Вольтерс Андрій Олександрович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 2,0
Електронний документ. Вид № 57/V-24.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р