

# КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

**Теряєв В.І., к.т.н., доц., Корнієнко В.Ю., студент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** За останній рік Україна увійшла в трійку лідерів виробництва зернових, а частка сільського господарства в структурі ВВП вперше в історії вийшла на перше місце в наповненні бюджету і досягла 10%. Таким чином, агросектор став ключовою бюджетонаповнюючою складовою. Тому виробництво мінеральних добрив в Україні є актуальною задачею.

Процес виробництва мінеральних добрив вручну потребує досить багато людських ресурсів, що становить близько 10-15 чоловік на цех. Комплексна автоматизація виробництва мінеральних добрив мінімізує ці потреби до однієї людини (оператора), задачі якої слідкувати за роботою автоматизованої лінії.

**Мета роботи.** Розробка сучасної комплексно автоматизованої системи з метою підвищення продуктивності лінії виробництва мінеральних добрив. Основними науково-технічними завданнями є складання алгоритмів роботи системи комплексної автоматизації та візуалізація технологічного процесу.

**Матеріали і результати досліджень.** Технологічний процес виготовлення мінеральних добрив полягає в створенні сумішей за заданою рецептурою. З цією метою використовується певна кількість бункерів, зв'язаних конвеєрними лініями. Кожен з бункерів має різну сировину, яка додається у суміш в залежності від рецепту, що обирається оператором. Насипні бункери зображено на схемі технологічного процесу (рис. 1). В залежності від обраного рецепту певні бункери можуть бути не застосовані у технологічному процесі. Рецепт формується інженером-технологом і вноситься до пам'яті панелі оператора (людино-машинного інтерфейсу), що в подальшому дозволяє змінювати рецепт безпосередньо оператору. З насипних бункерів сировина за допомогою скребкових конвеєрів потрапляє на стрічковий конвеєр 1. Далі зі стрічкового конвеєра сировина через завантажувальний конвеєр 2 потрапляє у шнек 5, де вона переміщується, висипається на конвеєр 3 і стрічковим похилим конвеєром 4 подається у приймальний бункер 6 на другому поверсі у вигляді готового продукту для подальшого фасування.

На кожному з шести бункерів встановлено по два ємнісні давачі середнього та нижнього рівня. В залежності від комбінації спрацювання давачів, на світловому індикаторі, встановленому над бункером, загоряється табло індикатора відповідного кольору:

- при спрацюванні датчика середнього рівня, на світловому індикаторі над відповідним бункером загоряється жовтий колір, що дає сигнал про спустошення бункера в найближчому часі;

- при спрацюванні датчика середнього та нижнього рівня, на світловому індикаторі над відповідним бункером загоряється червоний колір, що дає сигнал  $d_i$  про спустошення бункера; після надходження даного сигналу лінія одразу зупиняється;

- при спрацюванні датчика нижнього рівня, на світловому індикаторі над відповідним бункером загоряється червоний та жовтий колір, що також дає сигнал про спустошення бункера, після надходження сигналу лінія одразу зупиняється; така ситуація може виникнути при налипанні сировини на датчик.

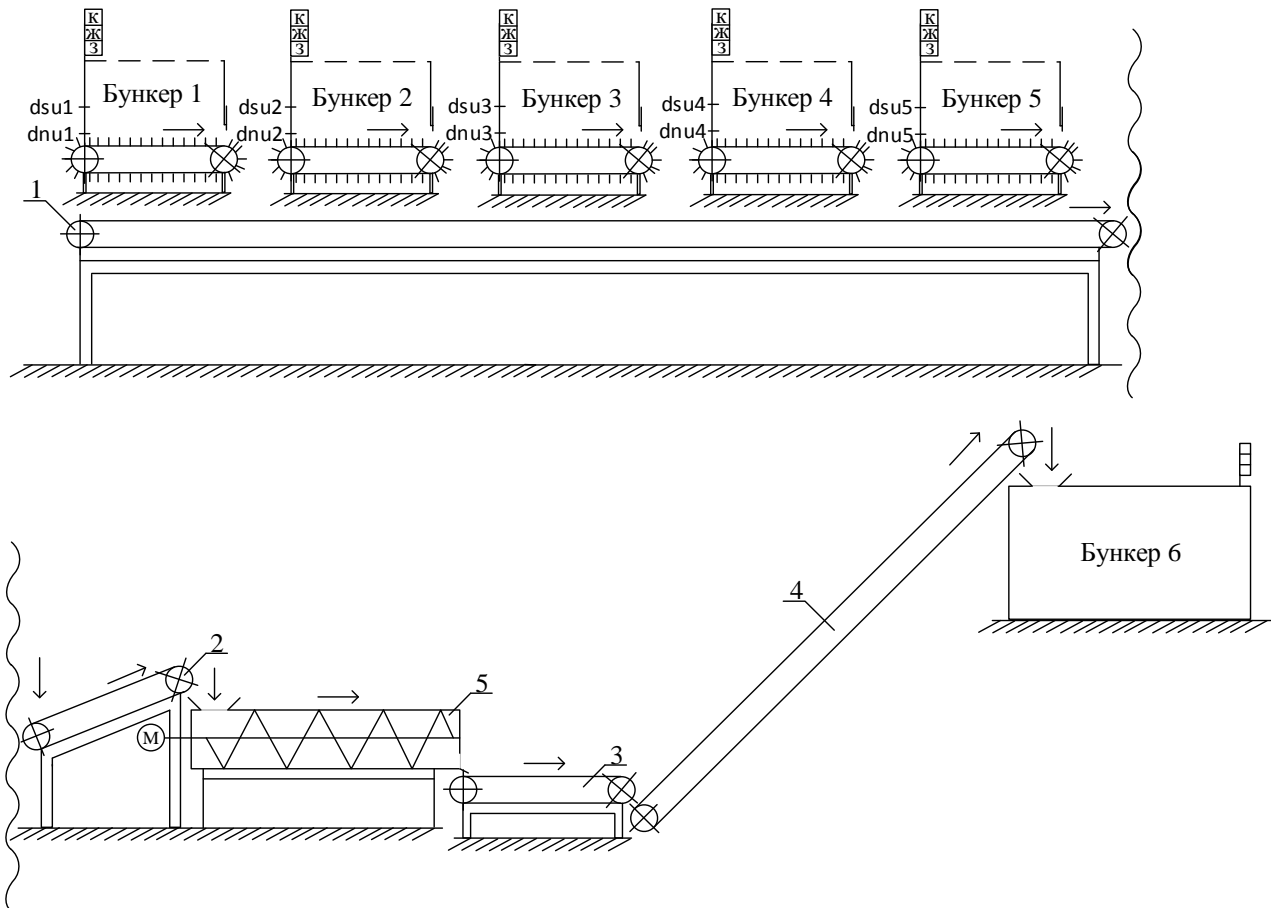


Рисунок 1 – Технологічна схема лінії виробництва мінеральних добрив:  
1, 2, 3,4 - конвеєри; 5 - шнек; 6 – бункер.

На рисунку 1 позначені: dsu1-dsu5 – датчики середнього рівня; dnu1-dnu5 – датчики нижнього рівня.

Сигнали, що застосовуються в процесі автоматизації лінії:

- a – сигнал на пуск лінії;
- b – сигнал на аварійну зупинку лінії;
- c – сигнал на зупинку лінії;
- $d_1-d_5$  – сигнали датчиків про спустошення бункерів.

Алгоритм роботи автоматизованої лінії по виробництву мінеральних добрив зображено на рис. 2.

На початку роботи оператор вмикає тумблер, що подає напругу живлення до системи. У разі відсутності аварії напочатку, оператор має змогу вибрати режим керування: автоматичний, або ручний. Після вибору виду керування натискається кнопка «Пуск», що дає сигнал «а» на контроллер і механізми запускаються із заданими інтервалами часу згідно налаштування таймерів.

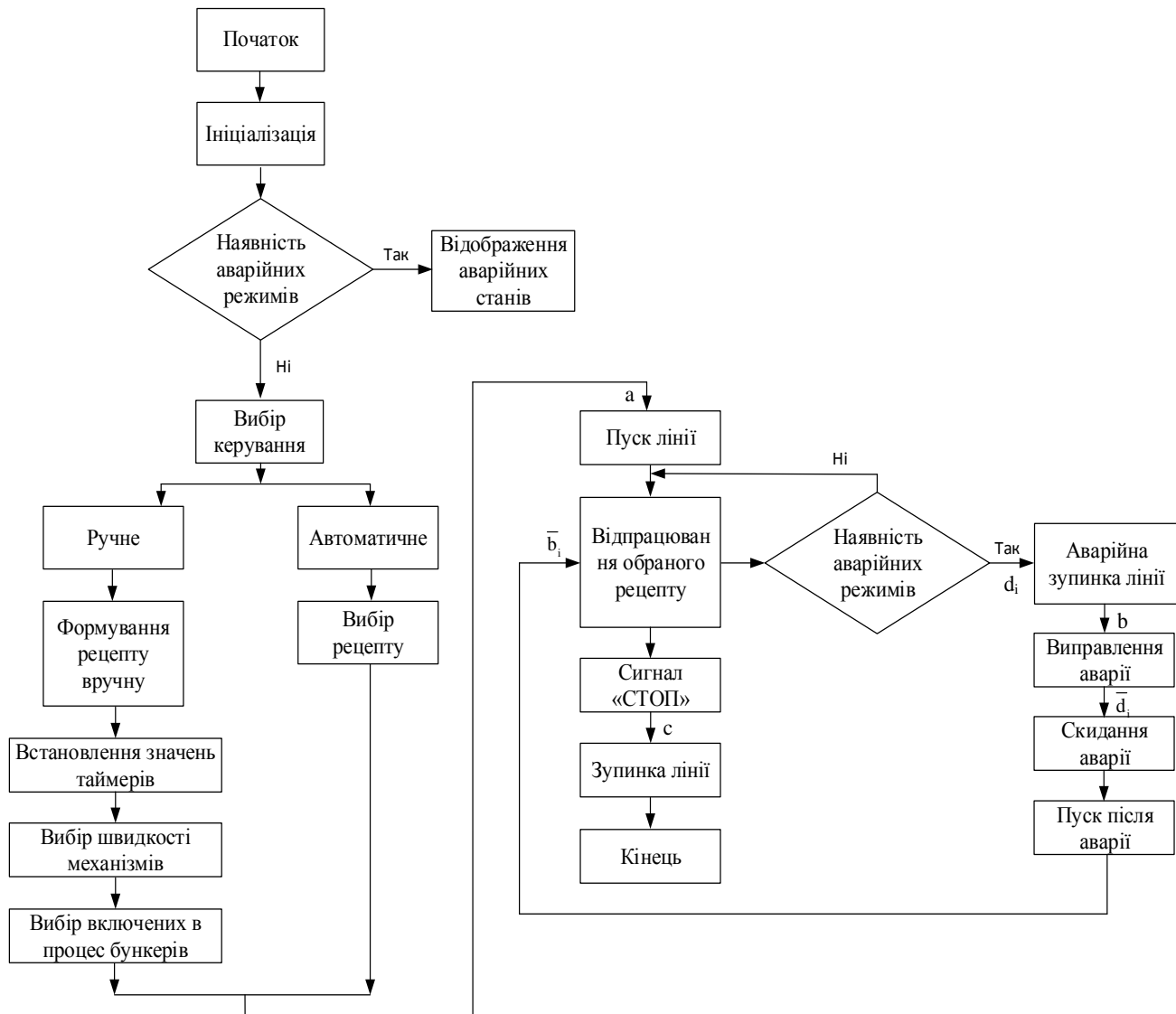


Рисунок 2 – Схема алгоритму роботи автоматизованої лінії по виробництву мінеральних добрив

У випадку спустошення певного бункера, сигнал з відповідного датчика надходить до ПЛК і лінія одразу зупиняється. Після усунення аварії, оператором натискається кнопка «Пуск після аварії» на панелі оператора і система продовжує відпрацювання рецепту. Після натиснення кнопки «Стоп», подається відповідний сигнал про зупинку лінії. Всі механізми зупиняються з виставленими інтервалами часу, що встановлені на відповідних таймерах.

При подачі живлення одразу вмикається панель оператора, завантажується програма графічного відображення та з'являється головне меню програми (див. рис. 3).

Складемо рівняння вмикання та скидання тригерів [1]. Сигнали, що застосовуються при написанні рівнянь:

40 – реле аварійної зупинки;	Y20 – індикація роботи конвеєра 1;
M10 – автоматичний режим;	M104 – реле конвеєра 1;
Y0 – індикація «Пуск»;	M130 – виключення конвеєра 1 з маршруту;
M105 – реле бункера 1;	M320 - індикація роботи конвеєра 1, в ручному режимі;
t29 – затримка після викл. доз.1;	M39 – аварія рівня;
M11 – режим «АВТО», після аварії;	M38 аварія ПЧ.
M40 = b – реле аварійної зупинки;	
M27 – не вибрано не одного рецепту;	
M100 – реле конвеєра 4;	

Рівняння вмикання та скидання тригерів для конвеєра 1:

$$S_{p_{M104}} = t_3 p_{M10} \bar{p}_{M40} + p_{M11} \bar{p}_{M40} \bar{p}_{M27} \quad S_{p_{M40}} = p_{M39} + p_{M38}$$

$$R_{p_{M104}} = t_{29} p_{M10} \bar{p}_{M40} \bar{p}_{Y0} \quad R_{p_{M40}} = p_{M42}$$

$$Y_{20} = \bar{p}_{M40} (p_{M104} \bar{p}_{M130} + p_{M320})$$

Рівняння таймерів:

$$T_3 = p_{M100} p_{M10} \bar{p}_{M40} \quad T_{29} = \bar{p}_{M105} p_{M10} \bar{p}_{M40} \bar{p}_{Y0}$$

Для візуалізації технологічного процесу використовується панель оператора з людино-машинним інтерфейсом (ЛМІ) DOP-B07S411. В якості програмного забезпечення застосовується програмне середовище DOP-soft, розроблене компанією Delta electronics. Зв'язок між ПЛК та ЛМІ здійснюється інтерфейсом RS-232 [2].

Головне меню графічно відображає стан лінії (див. рис. 3). До запуску лінії кожен з механізмів перебуває у вимкненому стані. Цей стан позначається сірим кольором прямокутнику. В робочому стані механізму колір прямокутнику стає зеленим.

В головному меню оператору надається можливість обрати режим керування ручний або автоматичний. Це здійснюється за допомогою тумблера. При виборі автоматичного керування, оператору необхідно вибрати один з шести доступних рецептів. Після чого натиснути кнопку «Пуск» на шафі керування. При виборі ручного керування оператор задає налаштування для кожного механізму на лінії окремо.

Поруч з кнопками вибору режиму керування є кнопка пуску після аварії. В правому нижньому куті відображається назва поточного рецепту. В лівому верхньому куті розташована кнопка налаштування, вона відкриває вікно

налаштування та індикації всіх механізмів лінії. В якості прикладу обрано «Конвеєр 1».

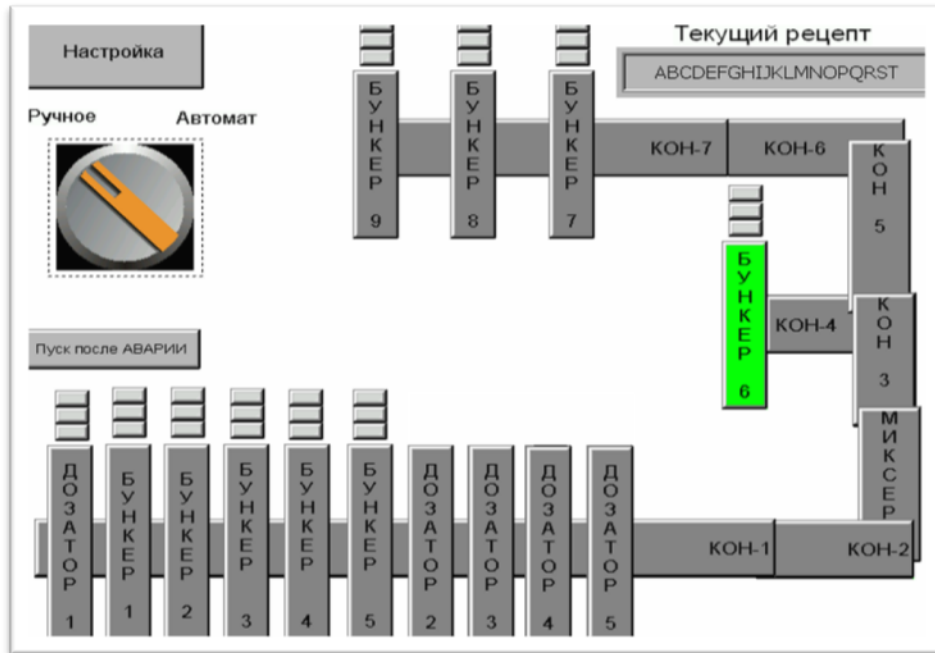


Рисунок 3 – Графічне відображення головного меню на панелі оператора

На рис. 4 показано встановлення адреси зчитування для конвеєра 1 у програмному середовищі DOP-soft, що дозволяє зв'язати програму для ПЛК з візуалізацією. У вимкненому стані колір конвеєра на рис. 3 буде сірим, а при його роботі зеленим.

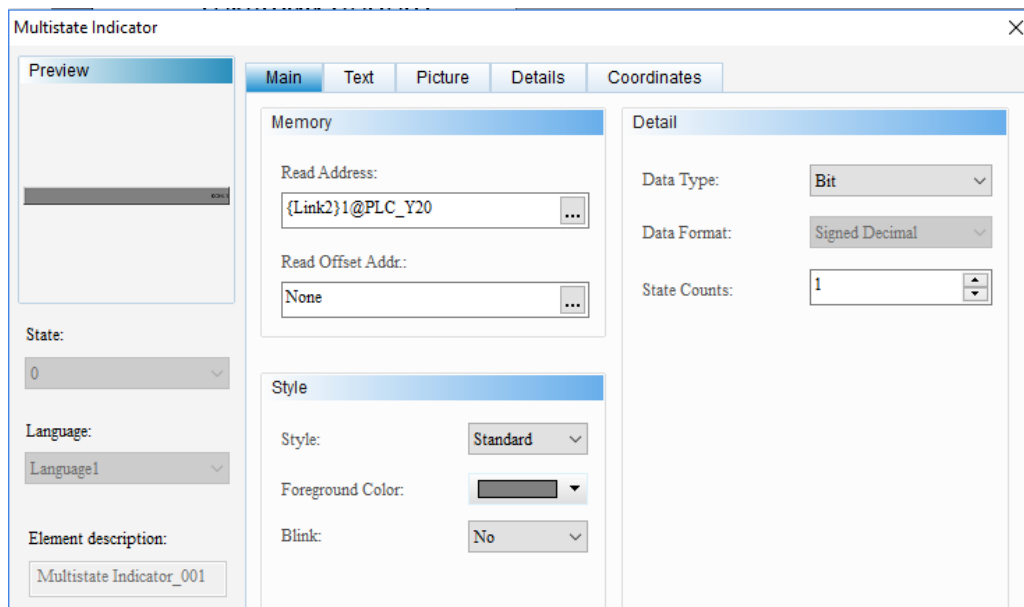


Рисунок 4 – Встановлення адреси зчитування для конвеєра 1 на панелі оператора

Меню налаштування параметрів для конвеєра 1 та вікно ручного керування на панелі оператора показано на рис. 5.

Обравши необхідний механізм оператор може зробити наступне:

- подивитись назву механізму;
- подивитись стан механізму (чи перебуває він у стані аварії);
- задати частоту на виході перетворювача частоти;
- задати час спрацювання таймера при пуску;
- задати час спрацювання таймера при зупинці;
- виключити механізм з рецепту;
- перевірити назву рецепту;
- зберегти рецепт;
- при виборі режиму ручного керування з'являється вікно «РУЧНИЙ РЕЖИМ».

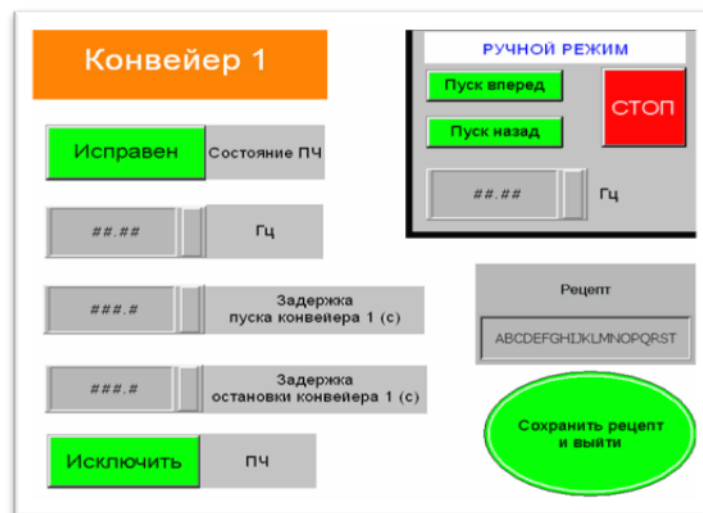


Рисунок 5 – Меню налаштування параметрів першого конвеєру та вікно ручного керування на панелі оператора

**Висновки.** З метою комплексної автоматизації виробництва мінеральних добрив сформульовано задачі автоматизації та візуалізації. Розроблено алгоритм роботи автоматизованої лінії по виробництву мінеральних добрив. Визначені умови вмикання та скидання тригерів, складені рівняння таймерів та вихідних логічних функцій. Описано та продемонстровано процес візуалізації людино-машинного інтерфейсу. Отримані результати відкривають можливості практичного впровадження нових технічних рішень у виробництво.

#### Перелік посилань

1. Ковальчук О. В. Застосування різних методів синтезу для складних програм для логічних програмованих контролерів / Ковальчук О. В., Бур'ян С. О. // Інформаційний збірник Промелектро. «Промислова електроніка та електротехніка». – Випуск №4. – 2010. – С. 51–53.
2. Офіційний сайт компанії Delta electronics. – URL: <https://delta-electronics.com.ua>