

УДК 669.162.1:001.57

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОСЛІДОВНИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ПРИЙМАЛЬНИХ БУНКЕРІВ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ МАШИН

Н.О. Міняйло<sup>1</sup>, Ю.М. Завальна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованого управління технологічними процесами, Запорізька державна інженерна академія, м.Запоріжжя, Україна, e-mail: [kafedra\\_autp@ukr.net](mailto:kafedra_autp@ukr.net)

<sup>2</sup>аспірант кафедри автоматизованого управління технологічними процесами, «Запорізька державна інженерна академія», м.Запоріжжя, Україна, e-mail: [kafedra\\_autp@ukr.net](mailto:kafedra_autp@ukr.net)

**Анотація.** В середовищі «MatLab» виконано моделювання роботи системи управління послідовним завантаженням приймальних бункерів агломераційних машин. Зроблені висновки щодо впливу технічних параметрів розподільного пристрою на процес подачі сипкого матеріалу до ємностей з урахуванням продуктивності агломашин та їх кількості. На основі розробленої моделі можна визначати кількість матеріалу у кожному приймальному бункері в будь-який момент часу та виконувати оцінку стабільності подавання агломераційної шихти до спікального відділення.

**Ключові слова:** агломерація, бункер, шихта, сипкий матеріал, розподільний пристрій, продуктивність, моделювання.

## MODELING OF MANAGEMENT SYSTEM OF THE SEQUENTIAL LOADING RECEIVING HOPPERS OF SINTERING MACHINE

Nataliia Miniailo<sup>1</sup>, Yuliya Zavalna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., associate professor of Automated Control of Technological Department, Zaporizhia State Engineering Academy, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: [kafedra\\_autp@ukr.net](mailto:kafedra_autp@ukr.net)

<sup>2</sup>Postgraduate student of Automated Control of Technological Department, Zaporizhia State Engineering Academy, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: [kafedra\\_autp@ukr.net](mailto:kafedra_autp@ukr.net)

**Abstract.** The modeling sequential mode of distribution load receiving hoppers sintering machines was made in an environment «MatLab». Were made conclusions about the influence of parameters the dispenser on process of issuing bulk material, taking into account performance of sinter machines and their number. Using this model it can determine the amount of material in each hopper at any time and make assess the stability of supply of sinter charge to the sinter department.

**Keywords:** agglomeration, hopper, charge, bulk material, dispenser, performance, modeling.

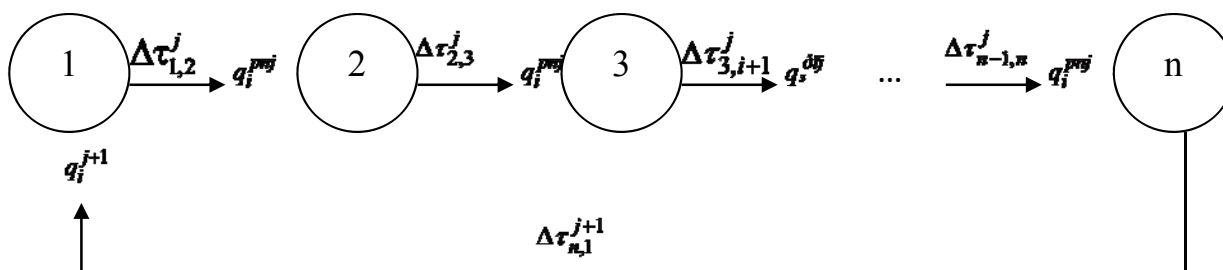
**Вступ.** На підприємствах, де для виготовлення основної продукції необхідна переробка дрібно та крупно дисперсних сипких компонентів, часто

спостерігаються порушення роботи тракту подачі матеріалу. Для безперервних виробництв, до яких належать агломераційні фабрики, необхідною умовою роботи є постійний запас матеріалів. Це реалізується за допомогою приймальних бункерів, що забезпечують узгоджену роботу шихтового та спікального відділень.

Одним з факторів, що впливає на коливання кількості матеріалу є умови його надходження до приймальних бункерів. Завантаження відбувається в одному з трьох відомих режимів: послідовному, циклічному та «за викликом» [1]. Вибір одного з них обумовлено характеристиками технологічного обладнання, що використовується на спікальних дільницях та умовами конкретного виробництва. Однак, представлені режими не забезпечують високої надійності роботи відділень приймальних бункерів, тому постає питання в необхідності моделювання роботи дільниці приймальних бункерів для визначення оптимальних умов їх завантаження.

**Мета роботи.** Необхідно розробити модель системи управління для приймальних бункерів спікального відділення аглофабрики, яка дозволить спрогнозувати кількість шихтових матеріалів в ємностях в залежності від параметрів розподільного пристрою, що працює у послідовному режимі.

**Матеріал та результати досліджень.** Послідовний режим завантаження приймальних ємностей характеризується подаванням матеріалів у послідовності від першого бункера до останнього та повторенням даного завантаження на наступному циклі (рис.1). Даний режим руху шихтових матеріалів реалізується за допомогою плужкових скидачів та катучих конвеєрів [2].



$\tau_{n-1,n}^j$  – час між завантаженням  $(n-1)$ -го та  $n$ -го бункеру на  $j$ -му циклі, с;  $q_i^{pj}$  – продуктивність конвеєра на  $j$ -му циклі при завантаженні  $i$ -го бункеру, м<sup>3</sup>/с.

Рисунок 1 – Структурна схема послідовного завантаження приймальних бункерів

Розроблена математична модель системи управління завантаженням приймальних ємностей враховує час між завантаженням бункерів протягом кожного циклу:

$$\tau^u = \sum_{i=1}^n \tau_{i-1,i}^j, \quad (1)$$

де,  $\tau_{i-1,i}^j$  – час між завантаженням  $(i-1)$ -го та  $i$ -го бункерів на  $j$ -му циклі, с;  
 $i$  – номер бункеру,  $i = 1..n$ .

Під час руху конвеєра, бункер буде завантажуватись певний час:

$$\tau_i^{zavj} = \frac{Q_i^{\max} - Q_i^{ноточ}}{q_i^{pn}}, \quad (2)$$

де,  $Q_i^{\max}$  – максимальна кількість матеріалу в  $i$ -му бункері, м<sup>3</sup>;  $Q_i^{ноточ}$  – поточна кількість матеріалу в  $i$ -му бункері, м<sup>3</sup>;  $q_i^{pn}$  – продуктивність стрічкового конвеєра на  $j$ -му циклі над  $i$ -м бункером м<sup>3</sup>/с.

Також, моделю враховується час вивантаження матеріалу з бункеру (3) та кількість матеріалу, що при цьому залишається в ємності (4):

$$\tau_i^{виеj} = \frac{Q_i^{ноточ}}{q_i^{жив}}, \quad (3)$$

де,  $q_i^{жив}$  – продуктивність  $i$ -го живильника м<sup>3</sup>/с.

$$Q_i^{зал} = Q_i^{ноточ} - \int_0^{\tau_{i,i+1}} q_i^{жив} d\tau, \quad (4)$$

де  $Q_i^{зал}$  – кількість матеріалу в  $i$ -му бункері під час його вивантаження м<sup>3</sup>;

$\int_0^{\tau_{i,i+1}} q_i^{жив} d\tau$  – кількість матеріалу, що вивантажується з бункеру за час  $\tau_{i,i+1}$ , м<sup>3</sup>.

На базі розрахункових формул (1-4) у програмному пакеті «MatLab» за допомогою додатків Simulink та Stateflow було реалізовано модель. В якості розподільного пристрою було обрано плужкові скидачі, так як на відміну від інших засобів, вони характеризуються більшою швидкістю. Вхідними даними для проведення досліджень були кількість агломашин (3-6), їх продуктивність (0,153 – 0,255 т/сек), продуктивність плужкового скидача (0,17-0,34 т/сек) та швидкість руху стрічкового конвеєра (1-2 м/сек).

Визначення відхилення кількості шихтових матеріалів в бункері виконувалось за формулою:

$$\Delta Q_i = \frac{(Q_i^{\max} - Q_i^{ноточ}) \cdot 100\%}{Q_i^{\max}}, \quad (5)$$

де  $\Delta Q_i$  – відхилення матеріалу в  $i$ -му бункері, %.

Отримані результати показують, що на підприємствах де працює шість (рис.2,а), п'ять (рис.2,б) та чотири (рис.2,в) агломашин спостерігається значне коливання кількості сипкого матеріалу в бункерах, що призводить до спустошення ємностей і переривання видачі компонентів з бункерів до аглострічок.

З наведених результатів (рис.2 а-г) видно, що при застосуванні на виробництві шести агломашин, розподільний пристрій не забезпечує необхідної кількості матеріалу в бункері починаючи з третього циклу їх завантаження. У випадку використання п'яти приймальних бункерів спустошення ємностей відбувається з четвертого та п'ятого циклу. Використовуючи чотири агломашини, сипкий матеріал залишається в бункерах лише до шостого циклу їх завантаження. При роботі трьох агломераційних машин (рис.2 г) спостерігається стабільна кількість сипких матеріалів у приймальних ємностях.

Також, спостерігається значне коливання у проміжних бункерах (різниця відхилення кількості сипких матеріалів в першому та другому бункерах становитиме понад 5%), що пояснюється відсутністю подачі матеріалів до них протягом часу, який дорівнює часу завантаження інших бункерів.

На виробництві, де функціонує тільки три агломераційні машини, даний режим розподілу сипких матеріалів задовільняє потребу спікального відділення в шихті для подальшої її обробки, підтримуючи необхідний запас матеріалу в бункері (не менше 70% від всього об'єму).

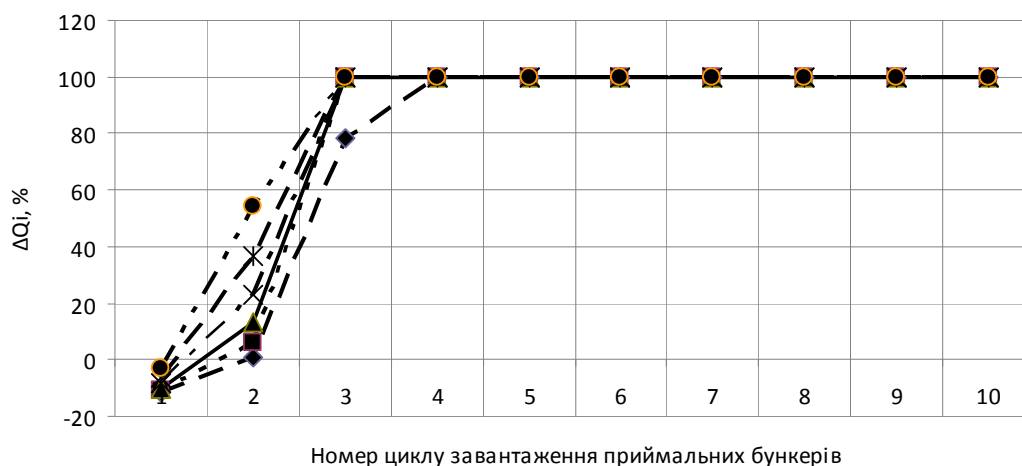
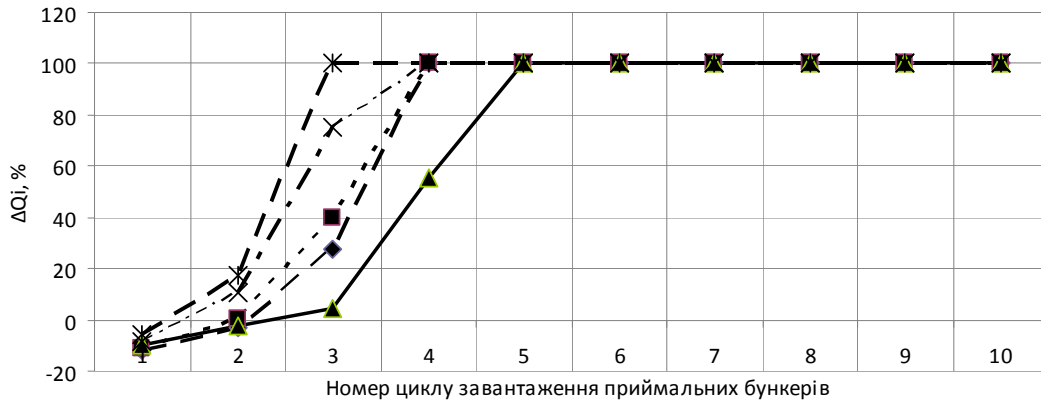
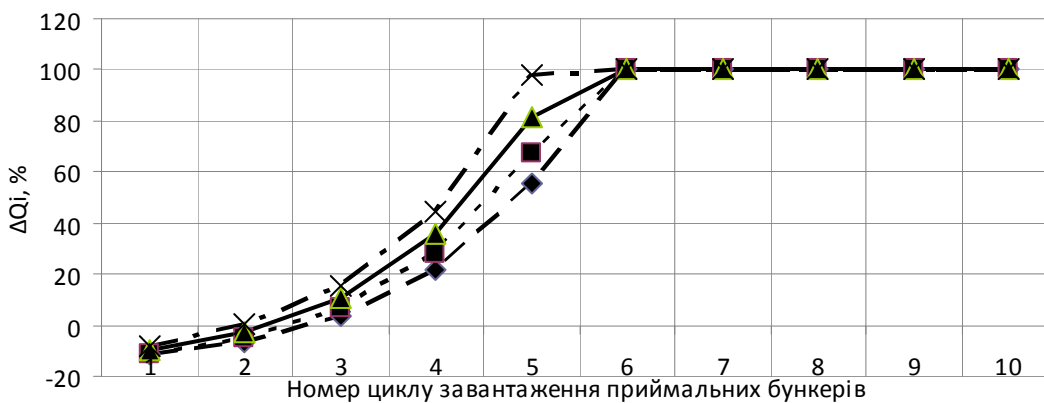


Рисунок 2, а)



б)



в)



г)

—◆— Бункер 1 —■— Бункер 2 —▲— Бункер 3 —×— Бункер 4 —Ж— Бункер 5 —●— Бункер 6

Рисунок 2 – Відхилення кількості матеріалу в бункерах спікального відділення

**Висновок.** Отже, отримані результати показують, що на підприємствах де працює шість та п'ять агломераційних машин з продуктивністю (100 -

60%) спостерігається значне коливання кількості сипкого матеріалу, що призводить до спустошення бункерів і переривання подачі компонентів шихти до аглострічок. Тому для таких підприємств буде доцільно розглянути інші види розподільних пристроїв та режими завантаження приймальних бункерів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пазюк М.Ю. Управление поточно-транспортными системами железорудных материалов [Текст]/М.Ю. Пазюк, А.А. Полищук. – Запорожье: РИО ЗГИА, 1995. – 120 с.
2. Пожуев В. И. Анализ закономерностей движения сыпучих материалов в разветвляющихся поточно-транспортных системах / В. И. Пожуев, Ю. М. Пазюк // Збірник наукових праць “Металургія”. – Запоріжжя: ЗДІА, 2002. - Вып. 6. - С. 14 – 20.

УДК 62-9 : 681.2

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРЕБОВАНИЙ К СТАНКУ С ЧПУ ДЛЯ ПЕЧАТИ ЖИДКИМИ ПОЛИМЕРАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

И.Ю. Никулин<sup>1</sup>, В.А. Углев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сотрудник компании «Скай технолоджи», г. Железногорск, Россия, e-mail: [DeLengeR@ya.ru](mailto:DeLengeR@ya.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Железногорск, Россия, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)

**Аннотация.** Описаны возможности использования жидких полимеров при изготовлении печатных плат и способы нанесения покрытий. Рассматривается система требований к автоматизированной программно-аппаратной системе (станок с ЧПУ), позволяющей трассировать печатные платы.

**Ключевые слова:** полимер, печатная плата, автоматизация, станок с ЧПУ, печать, требования.

## FORMING SYSTEM REQUIREMENTS FOR PRINTING CNC MACHINES BY LIQUID POLYMER FOR PCB MANUFACTURING

Igor Nikulin<sup>1</sup>, Victor Uglev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>An employee of the “Sky Technology” company, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [DeLengeR@ya.ru](mailto:DeLengeR@ya.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., associate professor, Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education “Siberian Federal University”, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)