

УДК 001.57

Н.О. Мінняйло, доцент, к.т.н.

М.Ю. Пазюк, зав. кафедрою, професор, д.т.н.

О.І. Дузенко, магістрант

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ШИХТИ МІЖ ПРИЙМАЛЬНИМИ БУНКЕРАМИ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ МАШИН

Запорізька державна інженерна академія

На основе балансового метода в среде «MatLab» выполнено моделирование процессов загрузки и выгрузки приемных бункеров агломерационных машин спекательного отделения аглофабрики, а также системы управления движением распределительного устройства. Сделаны выводы о влиянии режимов работы автостелы на колебания количества шихты в приемных бункерах агломерационных машин. На основе разработанных моделей возможно проведение исследований по выбору режимов загрузки технологических емкостей в зависимости от технических характеристик оборудования и технологических особенностей производства.

Ключевые слова: агломерация, бункер, шихта, автостела, производительность, моделирование.

На основі балансового методу у середовищі «MatLab» виконано моделювання процесів завантаження та розвантаження приймальних бункерів агломераційних машин спікального відділення аглофабрики, а також системи управління рухом розподільного пристрою. Зроблено висновки щодо впливу режимів роботи автостели на коливання кількості шихти у приймальних бункерах агломераційних машин. На основі розроблених моделей можливо проведення досліджень щодо вибору режимів завантаження технологічних ємностей залежно від технічних характеристик обладнання та технологічних особливостей виробництва.

Ключові слова: агломерація, бункер, шихта, автостела, продуктивність, моделювання.

Based on the balance method in «MatLab» environment modeling is simulated processes of loading and unloading of receiving hoppers agglomeration machines for sintered manufactory of sinter plant and also motion control systems dispenser. Conclusions about the influence of operating modes automatic self-unloading trolley to fluctuations of the количество charge in the reception bunkers sintering machines are made. On the basis of elaborate models it is can carry out researchs to choosing of boot modes of technological capacities at dependence from the technological characteristics of the equipment and technological features of sinter.

Key words: agglomeration, tank, charge, automatic self-unloading trolley, performance, modeling.

Вступ. Завданням агломераційного цеху металургійних підприємств є підготовка шихти, її спікання на агломераційних машинах та обробка гарячого спеку [1]. Безперервність агломераційного виробництва потребує чіткої та узгодженої роботи вузлів і агрегатів, що забезпечують дозування, транспортування, перевантаження й усереднення сировинних матеріалів. У зв'язку із складністю підтримання чіткої синхронізації та постійної продуктивності кожної з дільниць цеху використовують буферні ємності, що дозволяють злагодити коливання між транспортуванням матеріалів.

Так, для забезпечення безперервного подавання шихти на кожну агломераційну машину у спікальному відділенні агломераційної фабрики слугує дільниця приймальних бункерів, яка здійснює підтримання заданого рівня шихти, забезпечення запасу матеріалу та додаткового його усереднення перед подальшим подаванням до барабана-грудкувача.

Складність підтримання заданої кількості матеріалу в бункерах пов'язана із продуктивністю завантажувального пристрою, зі змінюванням продуктивності шихтового відділення та агломераційних машин, а також складністю вимірювання поточного рівня шихти [2]. Тому дільницю приймальних бункерів спікального відділення аглофабрики вважають основним джерелом збурень, які порушують стабільну роботу трактів завантаження шихти на стрічку агломераційних машин [2-4]. Найбільш критичними вважаються умови завантаження крайніх бункерів [2], що обумовлено їх розташуванням на дільниці.

Для зменшення порушень нормального режиму роботи спікального відділення, а отже і підвищення загальної продуктивності аглофабрики, значну увагу приділяють питанням дослідження систем управління процесом розподілу шихти за приймальними бункерами агломераційних машин [3,4].

Стан питання. Основні складнощі під час автоматизації процесу розподілу шихти між приймальними бункерами агломераційних машин пов'язані із типом завантажувальних пристроїв, таких як пересувні та стаціонарні плужкові скидачі й автоматичні саморозвантажувальні візки (автостели) [1], а також вибором заданого рівня шихти, що необхідно підтримувати у ємкості [1,4]. Так, в умовах ВАТ «металургійний комбінат «Запоріжсталь» використовують розподільний пристрій типу автостела, а контроль за рівнем матеріалу у приймальних бункерах ведуть за допомогою сигналізаторів, що розташовані на рівнях, які відповідають 25 та 75 % заповнення ємності. Аналіз існуючого режиму роботи автостели показав, що в умовах спікального відділення рівень матеріалу у крайніх бункерах нижче за заданий, а також не забезпечується необхідний запас шихти. Це призводить до порушення усталеного режиму роботи відповідних агломераційних машин. Тому актуальним завданням є визначення раціонального режиму руху розподільного пристрою для умов конкретного виробництва.

Постановка завдання. Для обґрунтування вибору та впровадження на виробництві розподільних пристроїв, а також з метою пошуку шляхів модернізації діючих системи управління процесом розподілу шихти між приймальними бункерами, необхідними є засоби, які б дозволяли адекватно оцінювати за допомогою численних експериментів прийняті рішення та зробити відповідні висновки.

Основна частина. Для вирішення поставленого завдання математичний опис процесів перевантаження сипких матеріалів виконували за допомогою найбільш поширеного підходу – балансового методу [2].

Розробку математичної моделі роботи дільниці приймальних бункерів виконували для умов спікального відділення ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». Структурна схема дільниці представляє собою шість бункерів (рис. 1) об'ємом $V_i^0 = 175 \text{ м}^3$, що розташовані на відстані $l_i = 10 \text{ м}$ один від одного. Швидкість руху автостели дорівнює $V^{a.c.} = 0,1 \text{ м/с}$. Для оцінки заповнення бункерів шихтою використовують сигналізатори, які характеризують відповідно мінімальну (Q_i^{\min}) та максимальну (Q_i^{\max}) кількість матеріалу у ємкості.

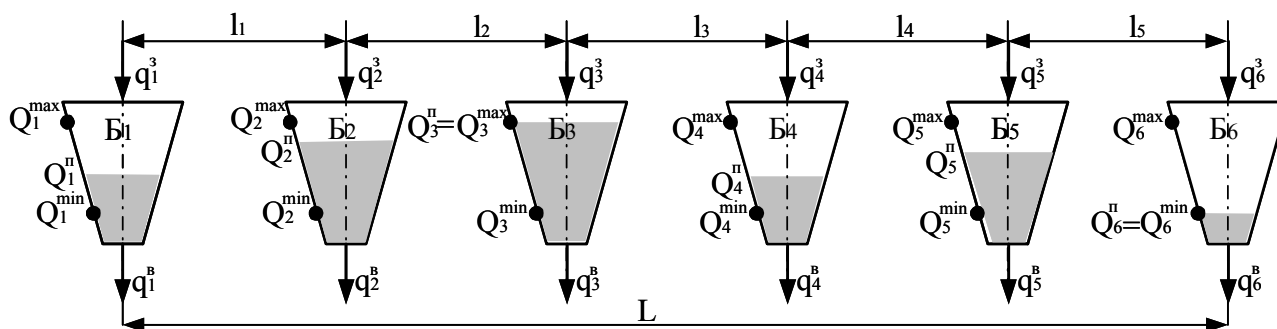


Рисунок 1 – Структурна схема розташування приймальних бункерів спікального відділення агломераційної фабрики

Відповідно до структурної схеми (рис. 1) поточне значення кількості шихти в приймальних бункерах Q_i^n залежить від різниці між кількістю матеріалу, що звантажують (Q_i^3) та вивантажують (Q_i^B) із бункера та може дорівнювати нижньому мінімальному значенню $Q_i^n = Q_i^{\min}$, максимальному $Q_i^n = Q_i^{\max}$ та знаходитися у діапазоні $Q_i^{\min} < Q_i^n < Q_i^{\max}$.

Відомо [2], що під час виконання умови рівності продуктивності шихтового та спікального відділень забезпечується підтримання необхідної кількості шихти у бункерах:

$$\Delta Q = \int_0^{t_u} q_{ш} dt - \sum_{i=1}^n \int_0^{t_u} q_{агл.м.і} dt, \quad (1)$$

де $q_{ш}$ – продуктивність шихтового відділення аглофабрики, м³/с; $q_{агл.м.і}$ – продуктивність i -ої агломераційної машини, м³/с; n – кількість агломераційних машин.

З рівняння (1) видно, що якщо $\int_0^{t_u} q_{ш} dt < \sum_{i=1}^n \int_0^{t_u} q_{агл.м.і} dt$, то відбувається спустошення бункерів, а за умови $\int_0^{t_u} q_{ш} dt > \sum_{i=1}^n \int_0^{t_u} q_{агл.м.і} dt$ – їх переповнення.

Кількість матеріалу, що знаходиться у бункері після його завантаження складається із кількості матеріалу, який залишився після розвантаження бункера та кількості матеріалу, що завантажено до нього за період (t_u), який дорівнює повному циклу руху автостели [2].

Для розрахунків змінювання кількості матеріалу під час завантаження i -го бункера у j -ому циклі використовували формулу:

$$Q_{i,j}^n = Q_{i,j-1}^n + \int_0^{t_j^3} q_i^3 dt, \quad (2)$$

де $Q_{i,j}^n$ – поточна кількість матеріалу в i -ому бункері, м³; $Q_{i,j-1}^n$ – кількість матеріалу у бункері на момент початку процесу завантаження, м³; $\int_0^{t_j^3} q_i^3 dt$ – кількість матеріалу, зщо завантажують на j -ому циклі.

Визначення кількості шихти у i -му бункері під час його розвантаження на j -ому циклі здійснювали за формулою:

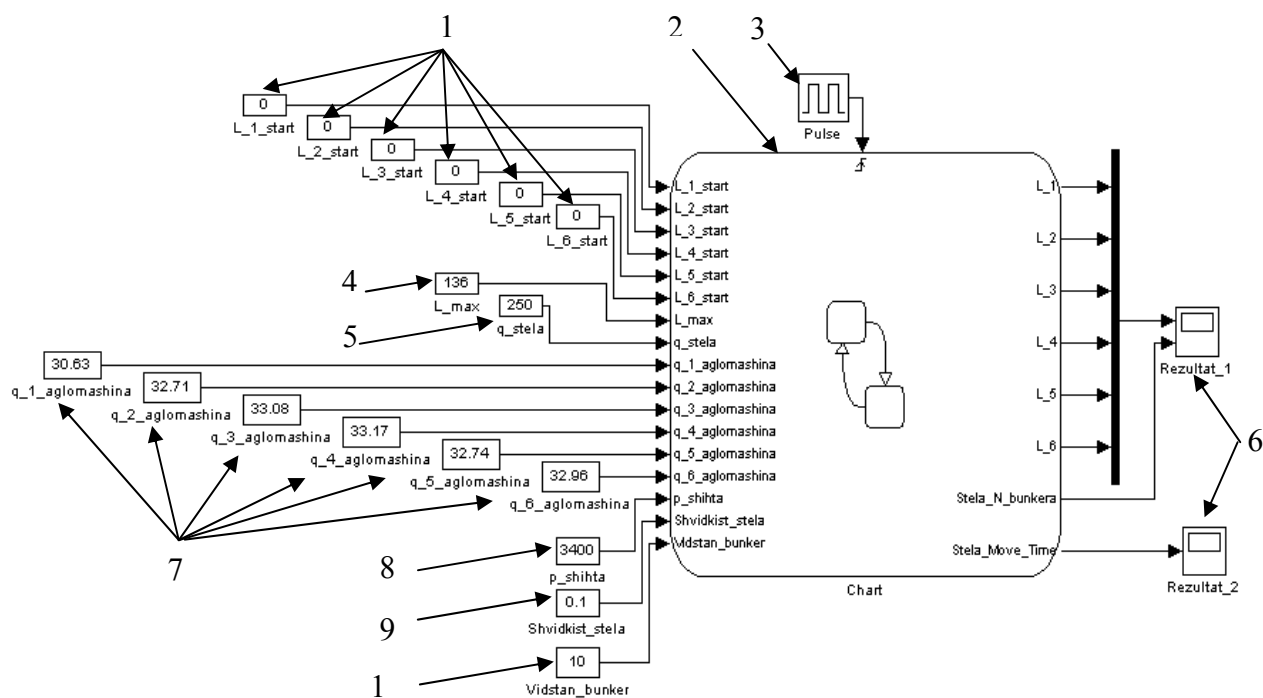
$$Q_{i,j}^n = Q_{i,j-1}^n + \int_0^{t_j^a} q_i^a dt, \quad (3)$$

де $\int_0^{t_j^a} q_i^a dt$ – кількість матеріалу, що вивантажено із i -го бункера у j -ому циклі, м³.

Тривалість руху автостели між бункерами визначали як:

$$t^{pyx_a.c} = \frac{l}{V^{a.c.}}. \quad (4)$$

Для проведення чисельних експериментів у додатках «Simulink» та «Stateflow» програмного середовища «MatLab» розроблено структурну схему математичної моделі (рис. 2).



1 - початкова кількість шихти у бункерах; 2 - блок опису процесів перевантаження шихти та руху автостели; 3 - генератор тактових імпульсів; 4 - задана кількість шихти у бункерах; 5 - продуктивність автостели; 6 - екрани для перегляду результатів моделювання; 7 - продуктивність агломераційних машин; 8 - фізичні властивості шихти; 9 - швидкість автостели; 10 - відстань між бункерами

Рисунок 2 – Структура математичної моделі у середовищі «MatLab»

Вхідними даними для моделі є продуктивність кожної агломераційної машини, продуктивність автостели, металургійні характеристики агломераційної шихти, об'єм бункерів, швидкість руху автостели, відстань між бункерами та початкове значення кількості шихти у кожному бункері.

Основний елемент моделі «Chart» (рис. 2) складається із блоків, які відповідають за опис процесів завантаження та розвантаження кожного бункера згідно рівнянь (2 і 3) і блоків, що реалізують алгоритми управління рухом розподільного пристрою. Модель відпрацьовує передпусковий період, коли здійснюється завантаження всіх

бункерів до заданого початкового рівня шихти, далі післяпусковий та усталений періоди роботи дільниці приймальних бункерів [2].

Результати моделювання роботи дільниці приймальних бункерів спікального відділення аглофабрики (рис. 3) представляють у програмному середовищі «MatLab» за допомогою елемента «Scope» («Rezultat_1»).

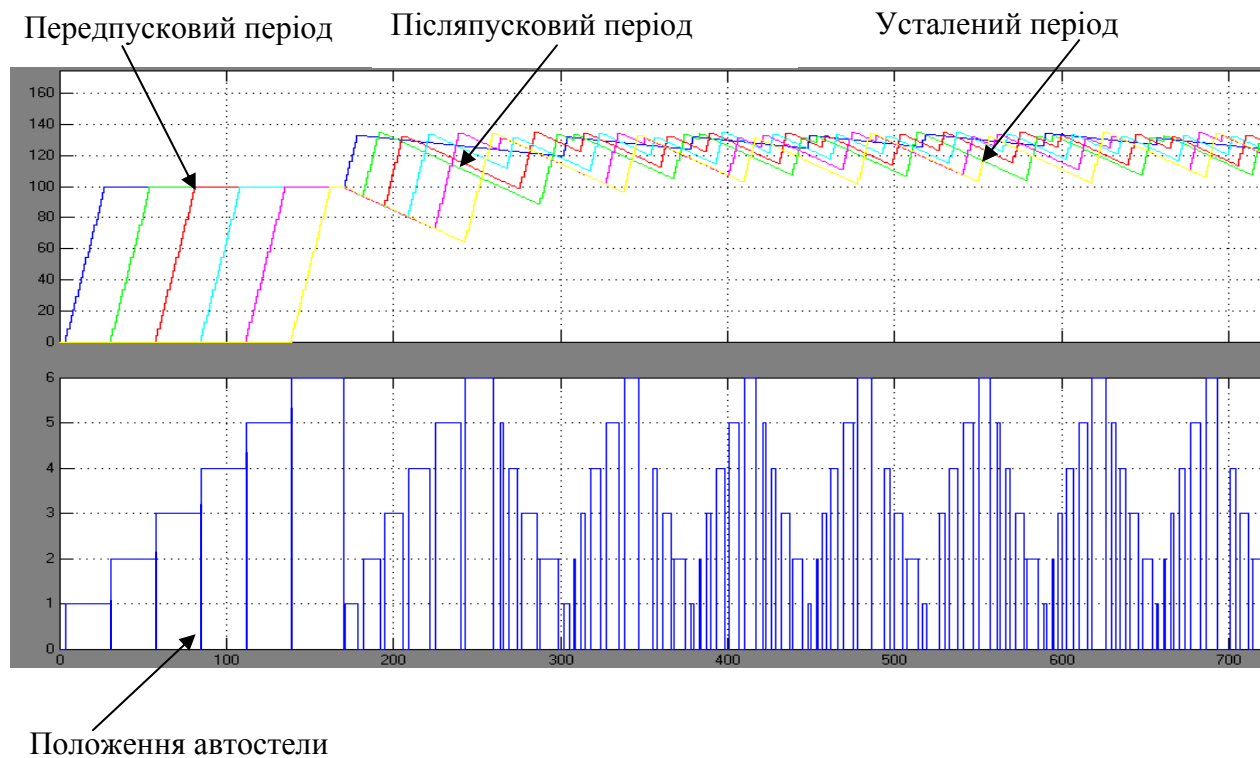


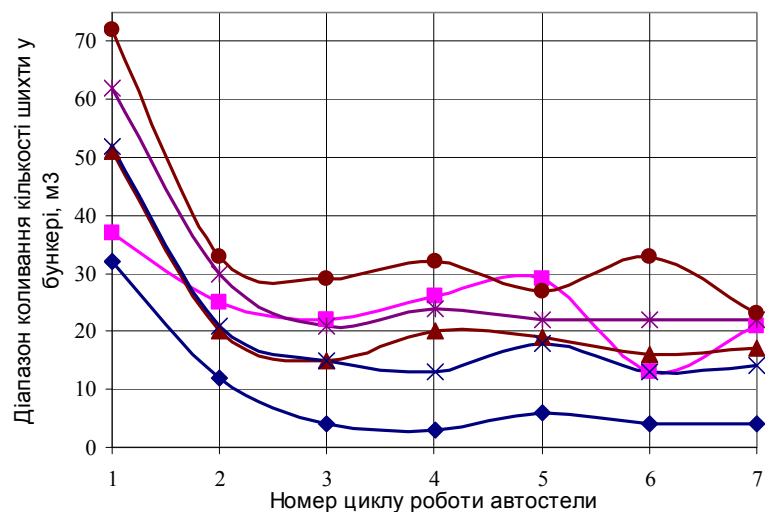
Рисунок 3 – Результати моделювання роботи дільниці приймальних бункерів спікального відділення

У верхній частині рис. 3 відображається змінювання кількості шихти у кожному бункері під час їх завантаження та розвантаження за часом, у нижній частині – поточне за часом положення автостели щодо бункерів.

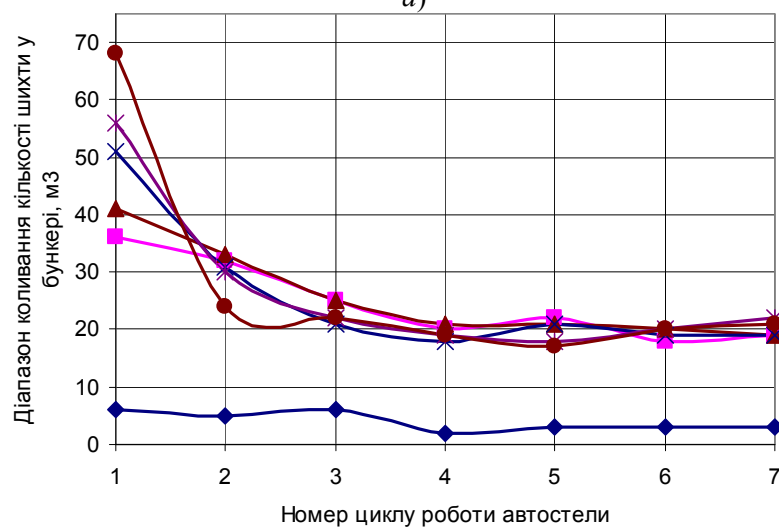
На розробленій моделі виконували дослідження роботи системи управління процесом розподілу шихти за приймальними бункерами агломераційних машин у послідовному, циклічному режимі та режимі «за викликом» [2,3].

Одержані результати моделювання роботи дільниці приймальних бункерів для умов ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» показали, що за циклічним режимом руху автостели в усталеному періоді підтримується кількість шихти в об'ємі від 110 до 131 м³, що відповідає 25 % загального обсягу бункеру, але коливання кількості шихти в крайньому бункері 6 у післяпусковий період становить 72 м³, а в усталений період – 35 м³ (рис. 4,а).

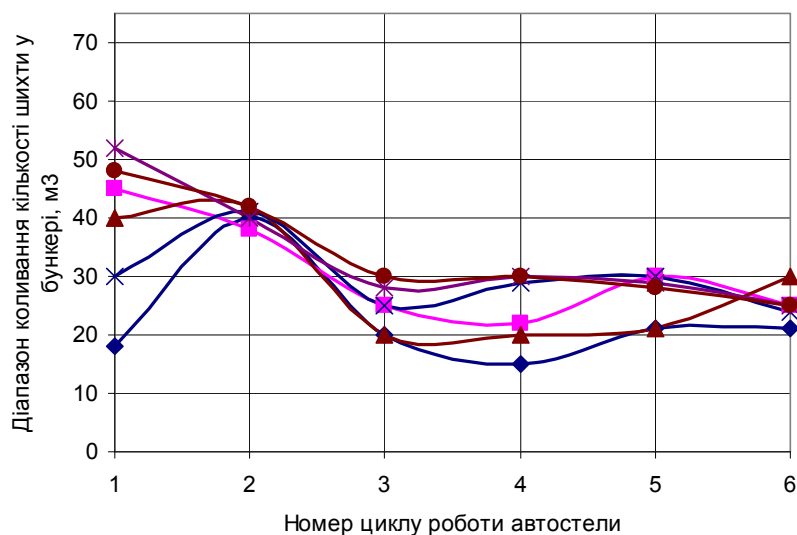
За послідовним режимом завантаження приймальних бункерів при заданих вхідних параметрах система дозволяє підтримувати рівень запасу шихти від 110 до 130 м³. При цьому коливання кількості матеріалу в бункерах за період моделювання складають від 68 до 20 м³ (рис. 4,б). Для післяпускового періоду найбільші коливання кількості матеріалу спостерігали у бункері 6.



а)



б)



в)

◆ 1 бункер ■ 2 бункер ▲ 3 бункер ✕ 4 бункер ✖ 5 бункер ● 6 бункер

Рисунок 4 – Коливання кількості шихти у приймальних бункерах агломераційних машин при завантаженні за циклічним (а), послідовним (б) режимами та режимом «за викликом» (в)

У режимі роботи автостели «за викликом» в усталеному періоді забезпечується підтримання рівня запасів матеріалів у бункерах від 100 до 130 м³. Коливання кількості шихти складає до 53 м³ у післяпусковому періоді та до 30 м³ в усталеному (рис. 4,в).

Висновки. Таким чином, аналіз роботи всіх трьох режимів завантаження бункерів свідчить про те, що за послідовним та циклічним режимами роботи автостели у післяпусковий період спостерігають значні коливання кількості шихти у бункерах 6 і 5. Найменші коливання кількості матеріалу у післяпусковому періоді зафіксовано під час застосування режиму «за викликом», але в усталеному періоді даного режиму коливання кількості шихти складають від 20 до 30 м³. Отже застосування розглянутих режимів роботи автостели не дозволяє одержати необхідні стабільні показники щодо забезпечення заданого запасу матеріалів у кожному із бункерів. Тому необхідними є додаткові дослідження для розробки раціонального режиму роботи автостели.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Вовк, А. А.* Пособие агломератчика [Текст] / А. А. Вовк, Г. А. Чичиянц. – Киев : Тэхника, 1990. – 143 с. – Библиогр. : с. 143. – ISBN 5-335-00442-8.
2. *Пазюк, М. Ю.* Управление поточно-транспортными системами железорудных материалов [Текст] / М. Ю. Пазюк, А. А. Полещук. – Запорожье : ЗГИА, 1995. – 121 с. – Библиогр. : с. 119-121.
3. *Пазюк, М. Ю.* Анализ работы систем управления распределением сыпучих материалов между бункерами [Текст] / М. Ю. Пазюк // Известия вузов. Черная металлургия. – 1998. – № 12. – С. 105-109.
4. *Шаповаленко, В. В.* Некоторые аспекты загрузки приемных бункеров агломерационных машин [Текст] / В.В. Шаповаленко, В.И. Иванов, Ю.В. Моисейко // Матеріали III міжнарод. наук.-техн. конф. «Науковий потенціал миру». – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – Вип. 2. – С. 28-31.

Стаття надійшла до редакції 22.05.2013 р.
Рецензент, проф. А.М. Ніколаєнко