

## **ELECTROMAGNETIC DRUM SEPARATOR FOR REMOVING THE FERROMAGNETIC IMPURITIES FROM SUGAR**

**S. Balyuta, V. Kuevda, M. Yuhno, V. Danilyuk,  
Yu. Kuevda, I. Lytvyn, O. Maschenko**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Electromagnetic drum separator  
Ferromagnetic and low-magnet impurities  
Cleaning sugar  
Unloading system*

---

**ABSTRACT**

The article presents the design of electromagnetic drum separators for removing bulk materials, such as sugar, from ferromagnetic impurities. This separator differs from analogues which are used in production process, by higher forces which act on the ferromagnetic impurities, and more effective unloading system of contaminants from the work area.

---

**Article history:**

Received 05.09.2014  
Received in revised form  
13.10.2014  
Accepted 28.10.2014

---

**Corresponding author:**

S. Balyuta  
**Email:**  
npnuht@ukr.net

---

## **ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР БАРАБАННОГО ТИПУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЦУКРУ-ПІСКУ ВІД ФЕРОМАГНІТНИХ ДОМІШОК**

**С.М. Балюта, В.П. Куєвда, М.І. Юхно, В.О. Данилюк,  
Ю.В. Куєвда, І.Ю. Литвин, О.А. Машенко**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті представлено авторську конструкцію електромагнітного барабанного сепаратора для очищення сипких матеріалів, зокрема цукру-піску, від феромагнітних домішок. Сепаратор відрізняється від аналогів, що застосовуються на виробництві, більш високими силами, які діють на феромагнітні домішки, й ефективною системою виведення домішок з робочої зони.*

**Ключові слова:** барабанний електромагнітний сепаратор, феромагнітні і маломагнітні домішки, очищення цукру-піску, система розвантаження.

У зв'язку із запровадженням системи управління якістю ХАССП дедалі суворішими стають вимоги до якості продуктів харчової промисловості. Особливо це стосується потрапляння в готову продукцію металевих домішок,

які містяться в сировині у вигляді металевого пилю, окалини, дрібних шматочків від обладнання і можуть потрапити в продукт випадково, наприклад, у процесі демонтажу обладнання або часткових поломок, унаслідок зносу обладнання. Для запобігання цьому під час виробництва харчових продуктів застосовують магнітну сепарацію сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Відповідно до вимог чинних стандартів України, наприклад, на цукор-пісок як харчовий продукт [1], масова частка феродомішок у ньому не повинна перевищувати 0.0003 %, тобто 3 мг/1 кг.

На харчових підприємствах України для витягу металоманітних включень із цукру-піску часто використовуються різні конструкції магнітних сепараторів з інших галузей виробництва, що не дає змоги у більшості випадків забезпечити вимоги стандарту [2, 3]. Останнім часом широкого розповсюдження набули магнітні сепаратори на основі супермагнітів нового покоління (сплав неодим-залізо-бор), які мають у 10—15 разів більшу магнітну енергію, ніж звичайні феритові магніти. Проте відомі конструкції барабанних магнітних сепараторів, що випускаються зараз у Росії та Україні (наприклад, компаніями «Ерга», «Полимагнит», «Продекологія» та ін.), мають вади, пов'язані із системою розвантаження вилучених феромагнітних домішок в окремий бункер і певною віддаленістю самих магнітів від матеріалу, що сепарується.

Зважаючи на це, у Національному університеті харчових технологій (кафедра електропостачання і енергоменеджменту) на основі попередніх науково-технічних досліджень картин розподілення магнітних полів і величин електромагнітних зусиль, що діють на феромагнітні частки різної величини в робочій зоні магнітних сепараторів залежно від геометрії їх полюсів [4], був розроблений ряд конструкцій сепараторів для вилучення феромагнітних домішок із сипких матеріалів різних харчових виробництв, на які отримано одне авторське свідоцтво СРСР і три патенти України.

В останнє десятиріччя розроблено проект і виготовлено експериментальний зразок барабанного електромагнітного сепаратора для вилучення феромагнітних домішок з цукру-піску продуктивністю до 5 тонн на годину. Цей сепаратор має специфічну геометрію полюсів для створення високого градієнта магнітного поля та його концентрації на поверхні робочої зони для забезпечення достатніх сил вилучення навіть маломанітних включень з потоку цукру-піску. Обертання барабана створює умови для гарантованого автоматичного виносу вилучених феромагнітних домішок у зону їх розвантаження, де магнітне поле практично відсутнє. Якість сепарування відповідає чинним стандартам.

Кінцевою метою даної роботи є попередня проробка конструкції електромагнітного сепаратора для вилучення феромагнітних домішок із цукру-піску продуктивністю до 20 тонн на годину з вибором геометрії його робочої зони.

На рис. 1 представлено вид із торця розробленого сепаратора, на рис. 2 — поздовжній перетин А-А за рис. 1.

Сепаратор включає встановлений у феромагнітних бічних щитах 1 і 2 з підшипниками 3 і 4 циліндричний барабан 5, що складається з розташованих по окружності, відділених одна від іншої повітряними проміжками 6, поздовжніх феромагнітних пластин 7, закріплених на валу 8 за допомогою немагнітних дисків 9 і 10 й охоплених по зовнішній поверхні циліндричною оболонкою 11 з тонколистової немагнітної сталі. До бічних щитів 1 і 2 коаксіально з бараба-

ном 5 прикріплений дугоподібний феромагнітний екран 12, що утворює з оболонкою 11 барабана 5 робочий зазор 13.

На бічних щитах 1 і 2 з боку екрана 12 закріплені феромагнітні секторні виступи 14 і 15, які з'єднуються із щитами за допомогою осердь 16 і 17. Секторні виступи 14 і 15 мають циліндричні зовнішні поверхні, навпроти яких через малі повітряні зазори 18 і 19 розміщені внутрішні сторони пластин 7 обертового барабана 5. На осердях 16 і 17 розміщені котушки 20 і 21 обмотки сепаратора.

Сепаратор має подавальний бункер 22, приймальні бункери 23 і 24 для немагнітних і магнітного й матеріалів, а також шкребок 25, установлений у зоні розвантаження феромагнітних часток над бункером 24.

За допомогою приводного двигуна барабан обертається за стрілкою  $\omega$ .

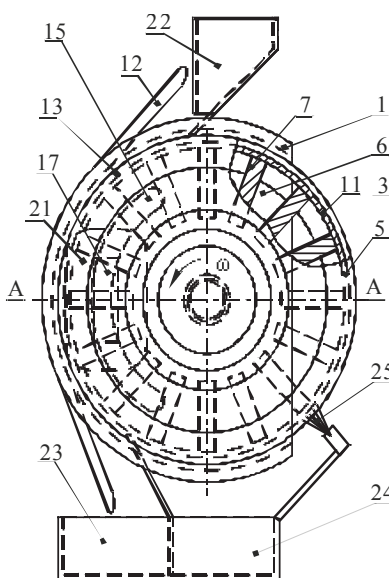


Рис. 1. Вид сепаратора з торця

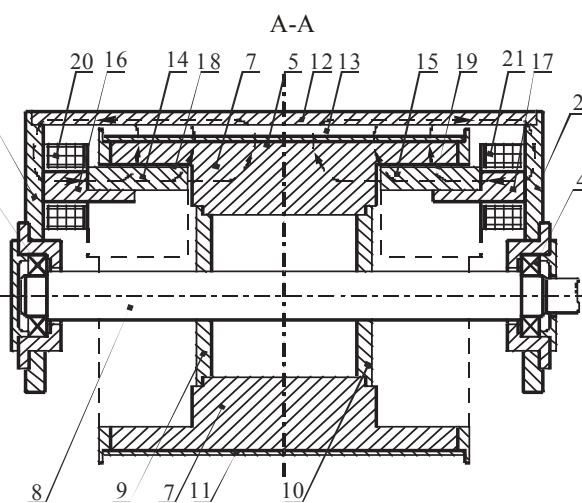


Рис. 2. Перетин А-А

Установка працює в такий спосіб: підключені до джерела постійного струму котушки 20 і 21 створюють магнітне поле, силові лінії якого замикаються по контурах, показаних на рис. 2 пунктирними лініями зі стрілками. Матеріал для сепарування подається з бункера 22 у робочий зазор 13 (рис. 3). Завдяки концентрації магнітного поля вздовж зовнішніх ребер пластин 7 феромагнітні частки (на рис. 3 показані жирними крапками) притягуються до поверхні оболонки 11 барабана 5 і при обертанні останнього виносяться в зону розвантаження над прийомним бункером 24, де магнітне поле практично відсутнє. Під дією своєї ваги феромагнітні частки відриваються від поверхні барабана 5 і зсипаються в бункер 24. Розвантаження маленьких феромагнітних часточок, які можуть утримуватися на поверхні барабана 5 за рахунок залишкового намагнічування пластин 7, здійснюється за допомогою шкребка 25. Немагнітний матеріал проходить робочу зону в зазорі 13 без затримки й зсипається з кінця екрана 12 у приймальний бункер 23 (або на приймальну конвеєрну стрічку).

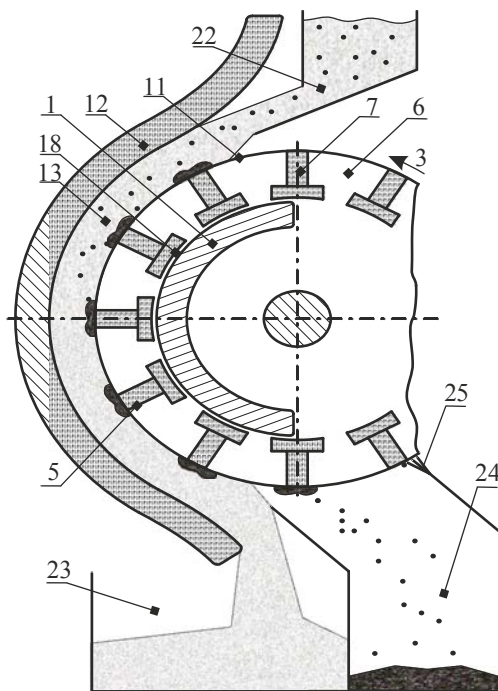


Рис. 3. До принципу дії електромагнітного барабанного сепаратора

Встановлення гребінки 26 із зубцями 27 на вході робочого зазору 13 (рис. 4) за рахунок локальних підвищень магнітного поля та його градієнта дозволяє поліпшити якість сепарування сипких матеріалів.

Визначення якості витягу феромагнітних домішок із цукру-піску проводилося шляхом зсипання з подавального бункера у робочий зазор моделі сепаратора порції цукру-піску масою 3 або 5 кг, де заздалегідь підмішувалися різні проби з цих домішок сумарною масою до 3 або до 5 г відповідно, які мали різний фракційний склад: більше 2 мм, від 1 до 2 мм, від 0,5 до 1 мм, від 0,2 до 0,5 мм і менше 0,2 мм. Крім того, феродомішки підрозділялись на високомагнітні (стружки конструкційних сталей або феромагнітні порошки) і маломагнітні (окалина, виловлена на цукровому заводі безпосередньо із цукру-піску). Досліджувався також вплив частоти

обертання барабана на якість сепарування. Визначення кількості феродомішок, що залишилися після сепарації в певній порції цукру-піску, здійснювалось відповідно до вимог Держстандарту [1]. Експерименти проводились у науковій лабораторії кафедри електропостачання промислових підприємств Національного університету харчових технологій. Після арифметичного усереднення результатів більш ніж 60 дослідів були отримані дані, наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати експериментів із сепаратором без гребінки

| № п/п | Розмір фракцій металодомішок, мм | Ефективність очистки, %      |                            |
|-------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
|       |                                  | високомагнітні металодомішки | маломагнітні металодомішки |
| 1     | від 2,0 до 6,0                   | 99,9                         | 88,0                       |
| 2     | від 1,0 до 2,0                   | 99,9                         | 86,5                       |
| 3     | від 0,5 до 1,0                   | 99,8                         | 86,0                       |
| 4     | від 0,2 до 0,5                   | 99,8                         | 84,0                       |
| 5     | менше 0,2                        | 99,7                         | 79,0                       |
| 6     | від 0,2 до 6,0                   | 99,85                        | 86,0                       |

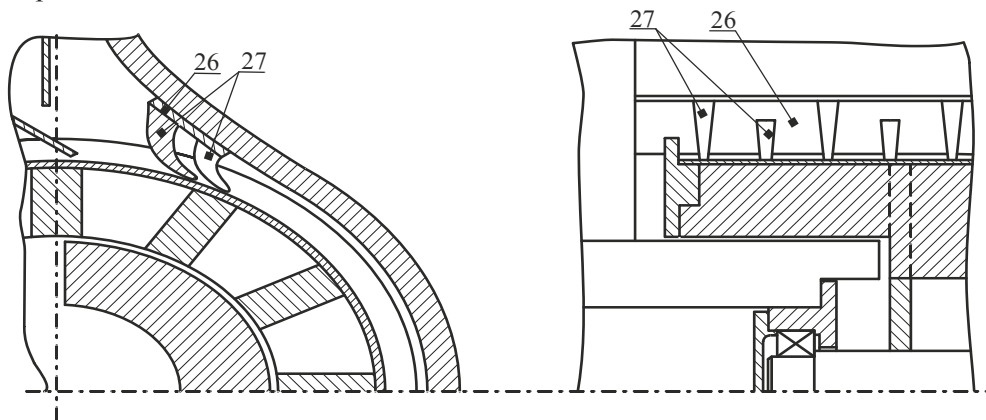
Ефективність витягу маломагнітних домішок є недостатньою, хоча вона значно вища, ніж в електромагнітних сепараторів, що застосовуються у цукровій промисловості, і магнітних колонок, які мають більш низькі значення магнітних сил, що діють на металомішкі, через менше значення  $H \times \text{grad } H$  [4] у робочій зоні сепаратора.

## ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Дослідження впливу частоти обертання барабана на якість сепарування показало, що найбільш оптимальною є мала частота обертання  $n = 7...10 \text{ хв}^{-1}$ , при якій лінійна швидкість руху точки на поверхні барабана є трохи нижчою, ніж лінійна швидкість руху потоку цукру в робочому зазорі.

Для підвищення витягувальної здатності розроблювального барабанного електромагнітного сепаратора по маломагнітним домішкам авторами проекту була проведена модернізація фізичної моделі відповідно до патенту України №14617А (рис. 4).

Для поліпшення витягувальної здатності сепаратора за рахунок підвищення градієнта напруженості магнітного поля в зоні входу матеріалу, що сепарується, в робочий зазор сепаратора, у верхній частині цього зазору на феромагнітному екрані вздовж усієї ширини барабана кріпиться гребінка з феромагнітними зубцями 27, кінці яких розміщуються навпроти бічної поверхні барабана з нахилом у бік руху матеріалу, що сепарується. Зубці гребінки можуть розташовуватися в шаховому порядку вздовж ширини барабана.



**Рис. 4. Сепаратор з гребінкою**

Феромагнітні частки, що накопичуються на ребрах зубців гребінки, потоком цукру поступово зміщуються на кінці зубців, утворюючи там намагнічені «хвости», які, зриваючись із гребінки, притягаються барабаном і відносяться в зону розвантаження. Результати експериментальних досліджень з маломагнітними домішками, проведені на фізичній моделі, оснащений зазначеною гребінкою, наведені в табл. 2.

**Таблиця 2. Результати експериментів із сепаратором з гребінкою**

| № п/п | Розмір фракцій металодомішки, мм | Ефективність очистки, %      |                            |
|-------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
|       |                                  | високомагнітні металодомішки | маломагнітні металодомішки |
| 1     | від 2,0 до 6,0                   | 100                          | 97,0                       |
| 2     | від 1,0 до 2,0                   | 100                          | 96,5                       |
| 3     | від 0,5 до 1,0                   | 100                          | 96,5                       |
| 4     | від 0,2 до 0,5                   | 100                          | 96,0                       |
| 5     | менше 0,2                        | 99,98                        | 95,0                       |

З даних табл. 2 видно, що ефективність витягу маломагнітних часток (окаліни) з потоку цукру-піску за наявності феромагнітної гребінки в робочому зазорі значно підвищилася (порівняно з даними табл. 1) і відповідає стандартам на наявність феродомішок у цукрі-піску [1].

### Висновки

Вилучення високомагнітних домішок за допомогою досліджуваного сепаратора є практично стовідсотковим для всього спектра фракцій, що зустрічаються в готовому цукрі-піску.

Остаточне рішення про ефективність (особливо для маломагнітних фракцій) застосування барабаних електромагнітних сепараторів за розробленими й запатентованими нами конструкціями для сепарації цукру-піску можна зробити тільки після виготовлення одного або декількох дослідно-промислових зразків таких сепараторів і випробування їх у реальних умовах експлуатації на цукрових заводах.

### Література

1. Цукор білий. Технічні умови. — ДСТУ 4623-2006.
2. Новое в магнитной сепарации зерна и зернопродуктов / А. Равдин, А. Дормидонтов, С. Муха [та ін.] // Хлебопродукты. — 2001. — № 5. — С. 18—20.
3. Магнитные сепараторы на службе безопасности / А. Равдин, А. Дормидонтов, С. Муха [та ін.] // Хлебопродукты. — 2002. — № 9. — С. 26—27.
4. Гамалея Р.В., Куевда Ю.В. Алгоритмы расчета магнитного поля и усилий, действующих на ферромагнитные частицы в активной зоне барабанных электромагнитных сепараторов / Р.В. Гамалея, Ю.В. Куевда Техническая электродинамика — 1995. — № 1. — С. 8—12.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР БАРАБАННОГО ТИПА ДЛЯ ОЧИЩЕНИЯ САХАРА-ПЕСКА ОТ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ

С.Н. Балюта, В.П. Куевда, М.И. Юхно, В.А. Данилюк,  
Ю.В. Куевда, И.Ю. Литвин, О.А. Машенко

Национальный университет пищевых технологий

*В статье представлена авторская конструкция электромагнитного барабанного сепаратора для очистки сыпучих материалов, в частности сахара-песка, от ферромагнитных примесей. Сепаратор отличается от аналогов, применяемых на производстве, более высокими силами, действующими на ферромагнитные примеси, и эффективной системой вывода примесей из рабочей зоны.*

**Ключевые слова:** барабанный электромагнитный сепаратор, ферромагнитные и маломагнитные примеси, очистка сахара-песка, система разгрузки.