

Научная статья

УДК 621.313.17:621.928

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ НА ОСНОВЕ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОРОВ

**Дарья Олеговна Забалуева¹, Анастасия Олеговна Ильинская,
Андрей Юрьевич Коняев**

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ dashenka.1998zabalueva@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются электродинамические сепараторы на основе трехфазных линейных индукторов, применяемые для сбора лома цветных металлов при обработке твердых отходов производства и потребления. Анализируются возможности выбора главных размеров индукторов с учетом критериев работоспособности и энергоэффективности сепараторов.

Ключевые слова: электродинамические сепараторы, технологическая эффективность, энергоэффективность

Для цитирования: Забалуева Д. О., Ильинская А. О., Коняев А. Ю. Показатели эффективности электродинамических сепараторов на основе трехфазных линейных индукторов // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 85–90.

Original article

EFFICIENCY INDICATORS OF EDDY-CURRENT SEPARATORS BASED ON THREE-PHASE LINEAR INDUCTORS

Daria O. Zabalueva¹, Anastasia O. Ilinskaya, Andrey Yu. Konyaev

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

¹ dashenka.1998zabalueva@mail.ru

Abstract. The paper discusses eddy-current separators based on three-phase linear inductors, used to collect non-ferrous scrap when processing solid production and post-consumer wastes. The possibilities of choosing the main dimensions of the inductors are analyzed, taking into account the criteria for the operability and energy efficiency of the separators.

Keywords: eddy-current separators, technological efficiency, energy efficiency

For citation: Zabalueva D. O., Ilinskaya A. O., Konyaev A. Yu. (2023) Pokazateli effektivnosti elektrodinamicheskikh separatorov na osnove trekhfaznykh lineynykh induktorov [Efficiency Indicators of Eddy-Current Separators Based on Three-Phase Linear Inductors]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 85–90. (In Russ).

В настоящее время во всем мире повышенное внимание уделяется промышленной переработке твердых отходов. Целями такой переработки являются снижение доли полигонного захоронения отходов и извлечение из них компонентов, пригодных для использования в качестве вторичного сырья: металлов, пластмасс, макулатуры и т. п. [1]. Наиболее ценными фракциями, использование которых в качестве вторичного сырья позволяет улучшить экономические показатели переработки, являются металлы. Для их извлечения применяются магнитные (для сбора черных металлов) либо электродинамические сепараторы (для сбора цветных металлов) [2; 3, с. 8].

Электродинамические сепараторы различаются по видам магнитных полей: пульсирующее, вращающееся (бегущее), импульсное. Чаще всего при переработке твердых отходов используются сепараторы с бе-

гущим магнитным полем. Сепараторы, в которых бегущее магнитное поле возбуждается трехфазным линейным индуктором, легко встраиваются в поточные технологические линии. Установка индуктора под лентой конвейера не требует изменения его конструкции. Такие сепараторы применяются для извлечения металлических включений из твердых коммунальных или смешанных производственных отходов, для отделения цветных металлов от неметаллов в потоке дробленого автомобильного лома и т. д. Как правило, такие технологические линии обладают большой производительностью, в них применяются конвейеры с шириной ленты от 600 до 1200 мм.

Особенностью индукторов рассматриваемых сепараторов является наличие открытой магнитной системы. Наряду с большими габаритами индуктора это обуславливает повышенное потребление электроэнергии. Например, в электродинамических сепараторах КМ-203 М, созданных для извлечения металлов из сыпучих отходов, при ширине конвейера 1,0–1,2 м мощность индуктора составляет 112 кВА, а коэффициент мощности ($\cos\varphi$) не превышает 0,1 [4]. Электродинамические сепараторы относятся к непрерывно работающему оборудованию. Это делает их наиболее энергоемкими в технологических линиях переработки отходов и обуславливает необходимость повышения показателей сепараторов уже на стадии их разработки.

В работе [3, с. 43] для оценки эффективности сепараторов предложено использовать два критерия. Работоспособность сепаратора оценивается по величине удельного электромагнитного усилия (отношение развиваемого усилия к массе извлекаемой частицы) $F_m = F/m$ [Н/кг или $\text{м}/\text{с}^2$], которое сравнивается с ускорениями, требуемыми для извлечения металла из потока отходов. Возможность достижения минимума энергопотребления при заданных требуемых усилиях можно оценивать по комплексному показателю $F_{mS} = F_m/S$ [Н/(кг · кВА)] (отношение удельного электромагнитного усилия к полной мощности, потребляемой индуктором сепаратора).

Исследования показывают, что в ряде случаев удастся компенсировать реактивную мощность индукторов и поднять $\cos\varphi$ до значения, близкого к 1,0. При этом предлагается при проектировании сепараторов использовать комплексный показатель $F_{mP} = F_m/P_1$ [Н/(кг · кВт)] (отношение удельного электромагнитного усилия к активной мощности, потребляемой индуктором).

Указанные показатели позволяют оценивать работоспособность сепаратора и затраты потребляемой им полной S_1 или активной P_1 мощности и могут рассчитываться до детальной проработки конструкции сепараторов. Покажем возможности методики на примере выбора величины полюсного деления τ индуктора установки, подобной сепаратору КМ-203М. Зависимости критериев F_m , F_{mS} и F_{mP} от τ представлены на рис. ниже.

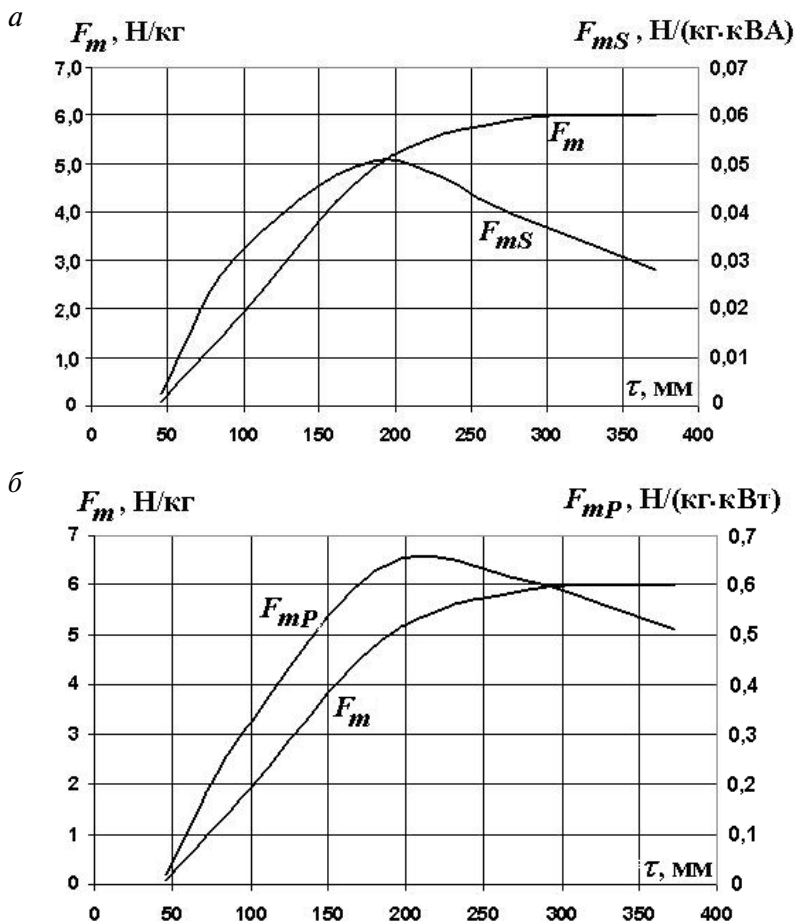


Рис. К выбору полюсного деления индуктора сепаратора КМ-203М с учетом оценки полной (а) и активной (б) мощности

Как показано на рис., зависимости показателей F_{mS} и F_{mP} от τ имеют экстремумы, что позволяет выбрать полюсное деление. При этом

экстремум зависимости $F_{m,p}$ (τ) соответствует большим τ , что позволяет увеличить развиваемое удельное электромагнитное усилие.

Список источников

1. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г. : утв. Распоряжением Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114/ (дата обращения: 20.11.2021).

2. Wilson R. J., Veasey T. J., Squires D. M. Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes // Minerals Engineering. 1994. № 7. P. 975–984. DOI: 10.1016/0892-6875 (94)90027-2/.

3. Электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем: основы теории и расчета / А. Ю. Коняев, И. А. Коняев, Н. Е. Маркин, С. Л. Назаров. Екатеринбург : УрФУ, 2012. 104 с.

4. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А. А. Патрик, Н. Н. Мурахин, Т. Н. Дерендяева [и др.] // Промышленная энергетика. 2001. № 6. С. 16–19.

References

1. Industrial development strategy for processing, utilization and neutralization of production and consumption waste for the period up to 2030 : approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 84-r, dated 25.01.2018. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114/ (date of access: 11.20.2021).

2. Wilson R. J., Veasey T. J., Squires D. M. Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes // Minerals Engineering. 1994. № 7. P. 975–984. DOI: 10.1016/0892-6875 (94)90027-2/.

3. Electrodynamic separators with a traveling magnetic field: fundamentals of theory and calculation / A. Yu. Konyaev, I. A. Konyaev, N. E. Markin, S. L. Nazarov. Ekaterinburg: UrFU, 2012. 104 p.

4. Device for electrodynamic separation of scrap and waste of non-ferrous metals / A. A. Patrick, N. N. Murakhin, T. N. Derendyaeva [et al.]. // Industrial power engineering. 2001. No. 6. P. 16–19.

Информация об авторах

Дарья Олеговна Забалуева — магистрантка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), dashenka.1998zabalueva@mail.ru

Анастасия Олеговна Ильинская — магистрантка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), nastya.ilnskaya@mail.ru

Андрей Юрьевич Коняев — доктор технических наук, профессор кафедры электротехники Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), a.u.konyaev@urfu.ru

Information about the authors

Daria O. Zabalueva — Undergraduate Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), dashenka.1998zabalueva@mail.ru

Anastasia O. Ilinskaya — Undergraduate Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), nastya.ilnskaya@mail.ru

Andrey Yu. Konyaev — Doctor of the Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Engineering of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), a.u.konyaev@urfu.ru