

*д.т.н., проф. Заблодский Н.Н.,
аспирант Квасов В.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ КАК ЕДИНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Створена схема формування матеріальних та енергетичних потоків поліфункціонального електромеханічного перетворювача й складено баланс потоків енергії.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Проблема создания энергосберегающих и экологически чистых технологий переработки сырья в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве стала особенно острой в связи с ростом цен на энергоносители и возникающей по этой причине нецелесообразности эксплуатации энергоемких комплексов старого образца. Разумной альтернативой традиционным комплексам, состоящим из отдельно сформированных единиц оборудования, становятся электротехнические комплексы на базе полифункциональных электромеханических преобразователей (ПЭМП) технологического назначения, предусматривающих полное использование диссипативной энергии, структурную, функциональную и тепловую интеграцию [1].

ПЭМП и технологии на их основе, относящиеся к новому типу электромеханических преобразователей энергии, предназначены для осуществления целого ряда технологических процессов переработки сыпучих и легкоплавких веществ [2, 3,4].

Анализ исследований и публикаций. Для оценки эффективности функционирования конкретной технологической системы независимо от уровня ее сложности (отдельный аппарат, установка, агрегат в составе производства или производство в целом) целесообразно воспользоваться моделью «черного ящика» с сосредоточенными входами и выходами потоков вещества и энергии [5].

Известные результаты исследований в области термодинамики неравновесных процессов [6,7,8] не могут в полной мере быть использованы для описания процессов, происходящих в ПЭМП, поскольку оптимизации подлежат одновременно три процесса преобразования энер-

гии (электрической в механическую, электрической в тепловую и механической в тепловую).

В работе Сафонова М.С. [5] рассматривается энергетический баланс потоков энергии технологической системы с учетом материальных потоков, но уравнения энергетического баланса из данной работы не могут быть использованы для случая с ПЭМП, поскольку ПЭМП отличается от большинства технологических систем структурной, функциональной и тепловой интеграцией и сложностью процессов преобразования энергии.

Постановка задачи. Целью данной работы является создание схемы формирования материальных и энергетических потоков ПЭМП и составление баланса потоков энергии.

Изложение материала и его результаты. В рамках термодинамики неравновесных процессов любой преобразователь свободной энергии может быть представлен «черным ящиком», который преобразует свободную энергию на входе в выходную свободную энергию, но таким образом рассматриваются только энергетические потоки, без учета материальных.

Составим схему формирования материальных и энергетических потоков ПЭМП (рис. 1).

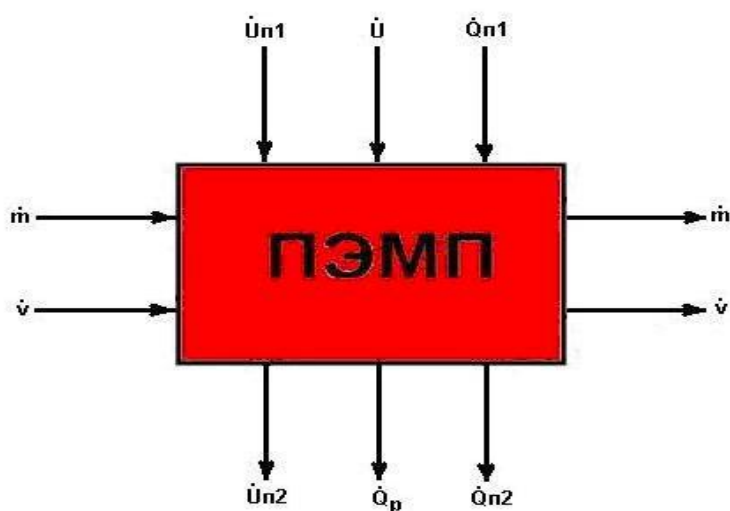


Рисунок 1 – Схема формирования материальных и энергетических потоков ПЭМП

Энергетические потоки (рис. 1) классифицируются следующим образом:

\dot{U} – электрическая энергия, которая преобразуется в тепловую – \dot{Q} и механическую – \dot{M} энергии;

\dot{U}_{n1} – удельная полная энергия потока материала на входе в ПЭМП, она состоит из кинетической энергии материала – $\dot{m} \cdot \frac{1}{2} \omega_1^2$, где ω_1^2 – линейная скорость материала на входе в ПЭМП; механической энергии – \dot{M} , которая расходуется на перемещение материала; тепловой энергии – \dot{Q} , которая идет на разогрев влаги до кипения и образование пара;

\dot{Q}_{n1} – удельная полная энергия потока воздуха на входе в ПЭМП (кинетическая энергия воздуха – $\dot{v} \cdot \frac{1}{2} v_1^2$, где v_1^2 – линейная скорость воздуха на входе в ПЭМП);

\dot{v} – поток воздуха на входе в ПЭМП и поток паровоздушной смеси – на выходе;

\dot{m} – поток материала;

\dot{Q}_p – теплота рассеяния;

\dot{U}_{n2} – удельная полная энергия потока материала на выходе ПЭМП, она равна кинетической энергии материала – $\dot{m} \cdot \frac{1}{2} \omega_2^2$, где ω_2^2 – линейная скорость материала на выходе из ПЭМП;

\dot{Q}_{n2} – удельная полная энергия потока паровоздушной смеси на выходе из ПЭМП, которая равна кинетической энергии паровоздушной смеси – $\dot{v} \cdot \frac{1}{2} v_2^2$, где v_2^2 – линейная скорость паровоздушной смеси на выходе из ПЭМП.

Используя методику, предложенную в [5], составим интегральное уравнение сохранения энергии в ПЭМП.

Пусть ПЭМП перерабатывает поток материала \dot{m} . Скорость изменения полной энергии материала при прохождении его через ПЭМП равна $\dot{m} \cdot (U_{n2} - U_{n1})$, Дж/кг.

По законам механики силы внешнего давления на соответствующих границах контрольного объема (противоположно направленные) равны $p_1 \cdot A_1$ и $p_2 \cdot A_2$, где A_1, A_2 – соответственно сечение трубопровода на входе и выходе ПЭМП; p_1, p_2 – соответственно давление воздуха на входе и паровоздушной смеси (рабочего вещества) на выходе ПЭМП, а

скорость совершения работы силами внешнего давления в сумме составит $p_1 \cdot A_1 \cdot v_1 - p_2 \cdot A_2 \cdot v_2$. Произведения $A_1 \cdot v_1$ и $A_2 \cdot v_2$ представляют собой объемные расходы рабочего вещества (m^3/c) на входе и выходе, причем $A_1 \cdot v_1 = \dot{v}/\rho_1$ и $A_2 \cdot v_2 = \dot{v}/\rho_2$, где ρ_1, ρ_2 – плотность рабочего вещества. Таким образом, скорость совершения работы силами внешнего давления над ПЭМП выразится как $\dot{v} \cdot (p_1/\rho_1 - p_2/\rho_2)$.

Просуммировав все потоки энергии, получаем уравнение сохранения энергии в ПЭМП:

$$\dot{m} \cdot (U_{n2} - U_{n1}) + \dot{v} \cdot (Q_{n2} - Q_{n1}) - \dot{v} \cdot (p_1/\rho_1 - p_2/\rho_2) = \dot{U} - \dot{Q}_p$$

Энергетический баланс ПЭМП позволяет определить глубину происходящих процессов преобразования одних форм энергии в другие, а также обнаружить потери энергии в окружающую среду.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Создана схема формирования материальных и энергетических потоков ПЭМП и составлен баланс потоков энергии.

2. Уравнение энергетического баланса ПЭМП связывает между собой следующие категории трансформации энергии: 1) изменение полной энергии выходящих из ПЭМП материальных потоков (перерабатываемый материал, охлаждающий воздух) по отношению к полной энергии поступающих в ПЭМП потоков энергии; 2) совершаемую ПЭМП (над ПЭМП) макроскопическую работу; 3) обмен тепловой энергией между ПЭМП и материальными потоками; 4) рассеяние теплоты в окружающую среду.

3. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск методов оптимизации процессов преобразования энергии при заданных технологических критериях обработки материала.

Создана схема формирования материальных и энергетических потоков ПЭМП и составлен баланс потоков энергии.

The chart of forming of financial and power streams of PEMP is created and made balance of streams of energy.

Библиографический список

1. Заблодский Н.Н. Полифункциональные электромеханические преобразователи технологического назначения. – Монография. – Алчевск: ДонГТУ. – 2008. – 340 с.

2. Пат. 39226 Україна. МКИ 7H05B 6/10. Заглибний електронагрівач / Заблодський М.М., Верімієнко В.І. – Бюл. № 5, част. 1. – 2001.

3. Пат. 50242 Україна. МКИ 7F26B 17/18. Шнековий сушильний апарат / Заблодський М.М., Захарченко П.І., Шинкаренко В.Ф., Плюгін В.Є. та інші. – Бюл. № 1. – 2005.

4. Заблодский Н.Н. Формирование динамических и энергетических характеристик электротепломеханических преобразователей // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. - № 12. – Т.2. – С. 432-433.

5. Сафонов М.С. К теории термодинамического совершенства технологических систем

(<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/safonov/part002.html>).

6. Эткин В.А. Термокинетика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии). Тольятти, 1999.

7. Заблодский Н.Н. Модель электромеханического преобразователя как системы с неравновесными термодинамическими процессами преобразования энергии // Вісник Кременчуцького держ. політехн. ун-ту: Наукові праці КДПУ, 2006. – Вип. 3/2006 (38). Ч. 2. – С. 117-121.

8. Эткин В.А. К теории производительности технических систем (http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a).