

УДК 624.774

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНООБРОБКИ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ

Мироненко Є.В., Міранцов С.Л., Гузенко В.С.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

***Анотація:** В роботі на основі аналізу методів, методик та інформаційних технологій для отримання моделей даних і багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічного процесу механічної обробки сформульовані загальні наукові підходи до формування структури оптимізаційної математичної моделі для визначення енергоефективних технологічних параметрів обробки деталей важкого машинобудування на верстатах різних груп.*

***Ключові слова:** технологічна система, важкі верстати, процес різання, енергоефективність, багатокритеріальна оптимізація, цільова функція енергоефективності, модель технологічної системи.*

Собівартість і конкурентоспроможність продукції машинобудування в значній мірі залежать від вартості енерговитрат на механічну обробку деталей машин. За даними робіт [1, 2, 3] питома частка вартості енерговитрат в загальній собівартості продукції машинобудування становить від 15 до 25% і характеризується тенденцією неухильного зростання в зв'язку з постійним підвищенням цін на електроенергію.

У структурі продукції підприємств вітчизняного важкого машинобудування значну питому частку займають деталі - тіла обертання (валки прокатних станів, ротори енергетичних установок і ін.). У структурі технологічних процесів виготовлення таких деталей переважає токарна обробка, яка виконується на важких токарних верстатах, причому близько 70% часу витрачається на точіння зовнішніх циліндричних поверхонь.

Специфічними особливостями токарної обробки деталей важкого машинобудування, що зумовлюють високі енерговитрати на обробку, є:

- великі значення потужності електродвигуна приводу головного руху (ПГД) верстата, що обумовлюють високий рівень абсолютних витрат (втрат) енергії при заданому значенні питомих витрат (втрат);

- великі припуски на обробку деталей, які обумовлюють високі силові навантаження в зоні різання та отже велика потужність різання;

- великі втрати електроенергії при роботі електродвигуна ПГД верстата на холостому ходу під час зміни ріжучої пластини (різцевого блоку) внаслідок події відмови.

Тому вирішення задачі підвищення енергоефективності процесів механічної обробки деталей на важких та унікальних верстатах різних груп на підставі багатокритеріальної оптимізації технологічних параметрів є сучасною й актуальною науково-практичною задачею.

В процесі досліджень на основі аналізу методів, методик та інформаційних технологій для отримання моделей даних і багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічного процесу механічної обробки встановлено, що існуючі в даний час методи і засоби не відповідають повною мірою вимогам, оскільки не дозволяють використовувати в якості цільової функції енергоефективність процесу [2, 3, 4]. Тому в роботі сформульовані загальні наукові підходи до формування структури оптимізаційної математичної моделі для визначення енергоефективних технологічних параметрів обробки деталей важкого машинобудування на верстатах різних груп.

На підставі аналізу публікацій по темі дослідження були систематизовані напрями підвищення енергоефективності процесів механічної обробки деталей на важких токарних верстатах (рис. 1).

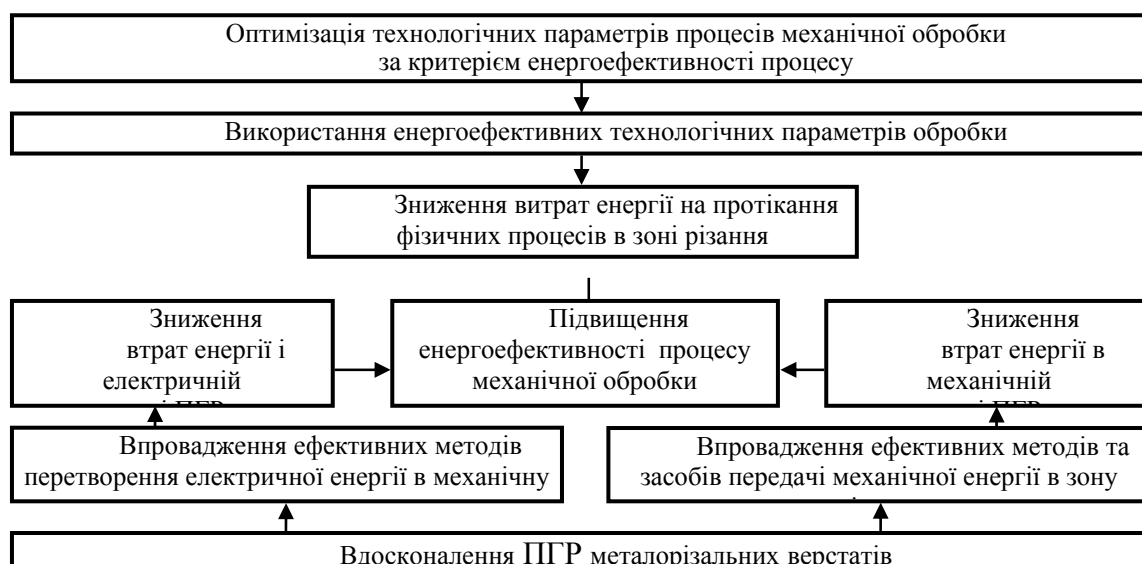


Рис. 1. Основні напрями підвищення енергоефективності процесів механічної обробки деталей на важких токарних верстатах

Зниження витрат енергії в електричній і механічній частини ППР верстата передбачає модернізацію приводу, що не завжди може бути реалізовано. Більш перспективним напрямком підвищення енергоефективності обробки деталей є зниження витрат енергії на протікання фізичних процесів в зоні різання, що забезпечується за рахунок оптимізації технологічних параметрів обробки.

Загальна структура математичної моделі для визначення оптимальних технологічних параметрів процесів механічної обробки деталей передбачає вирішення оптимізаційної задачі виду [3, 4, 5]:

$$Q = \text{extr}\{f(x, \omega) | x \in D\} \quad (1)$$

з системою обмежень виду:

$$g(x, \omega) \leq 0; \quad f(x) \leq 0; \quad a_i \leq x_i \leq b_i, \quad (2)$$

где $f(x, \omega)$ – цільова функція (критерій оптимізації);

x – керовані параметри обробки;

ω – постійні входні параметри обробки;

D – область припустимих значень керованих параметрів обробки x ;

$a_i = \text{const}$, $b_i = \text{const}$.

Розробка структури математичної моделі процесу механічної обробки передбачає конкретизацію оптимізаційної задачі (1) з обмеженнями (2) шляхом послідовного виконання етапів, представлених у роботі [6].

Новизна виконаних досліджень полягає у тому, що:

– на основі аналітичних та експериментальних досліджень сформульовані загальні наукові підходи до формування структури оптимізаційної математичної моделі для визначення енергоефективних технологічних параметрів обробки деталей важкого машинобудування;

– вдосконалена модель цільової функції енергоефективності процесу механічної обробки на важких і унікальних верстатах, в якості цільової функції моделі енергоефективності процесу різання запропонована функція мінімуму питомої енергоємності різання та запропоновані обмеження для цільової функції, в тому числі обмеження щодо витрат твердого сплаву та часу роботи двигуна приводу головного руху верстатів на холостому ході [4, 5, 6];

– вдосконалена математична модель технологічної системи важких верстатів токарно-карусельної та фрезерно-розточувальної групи, яка дозволяє визначити обмеження для цільової функції енергоефективності та моделювати зміну параметрів процесу різання у залежності від геометричних і конструктивних параметрів інструменту та різноманітних технологічних факторів [5, 6, 7].

Практичне значення досліджень полягає у вирішенні частини важливої науково-практичної задачі підвищення енергоефективності процесів механічної обробки деталей на важких та унікальних верстатах різних груп, за рахунок розробки моделей та програмно-математичного комплексу для багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічних систем важкого машинобудування за критерієм енергоефективності процесів механообробки, системи інструментів [8, 9] для енергоефективної механообробки на важких верстатах.

Алгоритми програмно-математичного комплексу базуються на сучасному високоефективному нейромережевому методі оптимізації, який включає в себе взаємодію нейронної мережі та генетичного алгоритму, що дозволяє збільшити кількість критеріїв, параметрів і обмежень.

Результати досліджень пройшли апробацію та впроваджені в умовах ПАТ «НКМЗ» (м. Краматорськ). Впровадження дозволило скоротити номенклатуру збірних інструментів для важких верстатів, зменшити допоміжний час зміни інструменту на 25%, а також підвищити енергоефективність обробки на важких токарних верстатах на 20%.

Список літератури:

1. *Мироненко Е.В. Проектирование* блочно-модульных инструментов для тяжелых токарных станков [Текст] / Е.В. Мироненко, А.Н. Кравцов; Донбасская государственная машиностроительная академия; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС (Об-ние науч., инженерных и коммерческих структур). Краматорск: ДГМА; Ирбит: ОНИКС, 2014 - 299 с. – ISBN 978-5-906703-01-9.
2. *Мироненко, Е. В. Оптимизация режимов резания при обработке на тяжелых токарных станках с учетом энергозатрат* / Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко, Л. В. Васильева, О. Е. Мироненко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : Технології в машинобудуванні. Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. – № 40. – С. 62–70.
3. *Мироненко, Е. В. Общая структура математической модели для определения энергоэффективных технологических параметров токарной обработки деталей тяжелого машиностроения* / Е. В. Мироненко, Г. П. Клименко, В. В. Калинин // Резание и инструмент в технологических системах : Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – Вып. 85. – С. 202–210.
4. *Підвищення енергоефективності процесів механообробки на основі багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічних систем важкого машинобудування* [Текст]: звіт з НДР (заключ.): Д01-2015 / ДВНЗ Донбаська державна машинобудівна академія; керівник Мироненко Є.В.; викон.: Гузенко В.С., Міранцов С.Л., Калініченко В.В. [та ін.]. – Краматорськ, 2016. – 165 с. – ДР 0115U003122. – Інв. № 0217U003291.
5. *Мироненко Е.В. Повышение энергоэффективности процессов обработки на тяжелых станках фрезерно-расточной группы* / Е.В. Мироненко, С.Л. Миранцов, В.Л. Аносов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 5 (1177). – С. 104-109. – ISSN 2079-0023.
6. *Mironenko E. Heavy vertical lathe equivalent elastic system modeling* / E. Mironenko, S. Mirantsov, D. Huzenko // Вісник тернопільського національного технічного університету. Науковий журнал. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – №3 (87). – С.90 – 100. ISSN 1727-7108.
7. *Полупан І.І. Підвищення ефективності відновлення профілю колісних пар збірними різцями*: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Полупан Іван Іванович; ДДМА; наук. кер. Гузенко В.С. – Краматорськ: [б.в.], 2016. – 170 с.
8. *Хорошайло В.В. Підвищення ефективності розточування отворів на токарних верстатах шляхом створення вібростійкої інструментальної системи*: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Хорошайло Вадим Вікторович; ДДМА; наук. кер. Гузенко В.С. – Краматорськ: [б.в.], 2016. – 149 с.
9. *Пат. 108585 Україна, МКП В23В 27/04. Збірний відрізний різець* / В.С. Гузенко, С.Л. Міранцов, Є.В. Мироненко, В.В. Трунов. – № u201600087; заявл. 04.01.2016; опубл. 25.07.2016, бюл. №14.