

УДК 621.9

Корбанюк С.Р., студент групи 131м-23н-1

Науковий керівник: Богданов О.О., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ФРЕЗЕРУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ТА MATHCAD

Завдання оптимізації режимів різання, як і раніше, так і зараз є актуальним завданням під час розроблення операційних карт і написання технологічного процесу. Вибір оптимального режиму багато в чому визначить як технологічність виготовлення, так і собівартість деталей, що виготовляються [1].

Особливого інтересу, у світлі вищесказаного, набуває оптимізація режимів різання під час виконання операцій фрезерування. Відмінність фрезерування від інших видів механічної обробки полягає в його універсальності, багатофункціональності, а також використанні його в сучасних п'яти координатних верстатах. І хоча це все його явні переваги, які змушують все частіше і частіше вибирати його як основний тип металообробки, вони ж додають складнощів при виборі оптимального режиму різання.

У цій роботі зроблено спробу зробити перші кроки до отримання математичного (чисельного) методу проведення такої багатофакторної оцінки.

На рисунку 1 приведена розрахункова схема.

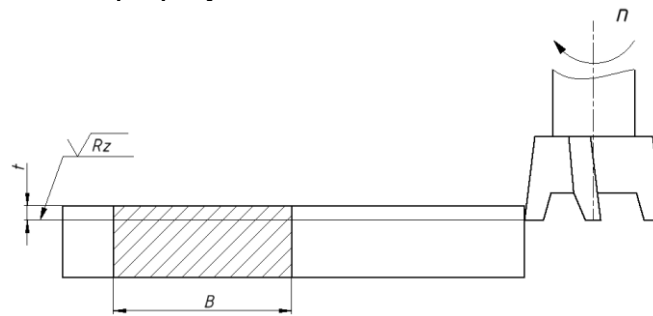


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Як граничні умови було обрано систему технічних обмежень, виражених у вигляді нерівностей, записаних нижче [2].

1) Обмеження мінімальної частоти обертання шпинделя:

$$n \geq n_{\text{верст. min}}$$

2) Обмеження максимальної частоти обертання шпинделя:

$$n \leq n_{\text{верст. max}}$$

3) Обмеження з мінімальної подачі:

$$n \cdot S \geq S_{\text{min}} / z$$

4) Обмеження з максимальної подачі:

$$n \cdot S \leq S_{\text{max}} / z$$

5) Обмеження потужності приводу головного руху верстата:

$$n^{1-\omega} \cdot S^y \leq \frac{1020 \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot N_{\text{верст}} \cdot \eta}{10 \cdot C_{pz} \cdot t^u \cdot B^x \cdot z \cdot k_{mp} \cdot k}$$

6) Обмеження за міцністю механізму подачі верстата:

$$n^{-\omega} \cdot S^y \leq \frac{P_s \cdot D^q}{10 \cdot C_{pz} \cdot t^u \cdot B^x \cdot z \cdot k_{mp} \cdot k}$$

7) Обмеження за жорсткістю інструмента:

$$n^{1-\omega} \cdot S^y \leq \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot f \cdot D^q}{10 \cdot C_{pz} \cdot t^u \cdot B^x \cdot z \cdot L_{\text{вф}}^3 \cdot k_{mp} \cdot k}$$

8) Обмеження щодо точності обробки:

$$n^{-\omega} \cdot S^y \leq \frac{T_H \cdot D^q}{10 \cdot C_{pz} \cdot t^u \cdot B^x \cdot z \cdot \omega \cdot k_{mp} \cdot k}$$

9) Обмеження за шорсткістю обробленої поверхні:

$$S \leq \frac{R_z \cdot \sin(\varphi + \varphi_1)}{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}$$

10) Обмеження за стійкістю інструменту:

$$n \cdot S^y \leq \frac{1000 \cdot C_v \cdot D^{q-1} \cdot k_v}{T^m \cdot t^u \cdot \pi \cdot B^x \cdot z^p}$$

Цільова функція:

$$n \cdot S \Rightarrow \max$$

Розв'язання системи проводилось в програмному пакеті Mathcad. Цей пакет дає змогу візуально бачити і легко редагувати нерівності та водночас має достатній функціонал для знаходження оптимального рішення. На рисунку 2 наведено приклад розв'язання системи нерівностей в програмному пакеті Mathcad.

$$\begin{aligned} f(n, S) &:= n \cdot S \\ n &:= 1 \quad S_0 := 1 \\ \text{Given} \\ 1) \ n \geq 16 \quad 3) \ n \cdot S &\geq 1.563 \quad 5) \ n \cdot S^{0.72} \leq 55314.792 \quad 7) \ S^{0.74} \leq 3943.731 \quad 9) \ S \leq 265.986 \\ 2) \ n \leq 1600 \quad 4) \ n \cdot S &\leq 156.25 \quad 6) \ S^{0.72} \leq 527.238 \quad 8) \ S^{0.74} \leq 8516.921 \quad 10) \ n \cdot S^{0.4} \leq 233.282 \\ \text{Solve} &:= \text{Maximize}(f, n, S) = \begin{pmatrix} 17.224 \\ 9.072 \end{pmatrix} \quad n := \text{Solve}_0 = 17.224 \\ & \quad S := \text{Solve}_1 = 9.072 \end{aligned}$$

Рисунок 2 – Приклад розв'язання системи чисельним методом в програмному пакеті Mathcad

Для перевірки правильності розрахунку використовувався графічний метод оптимізації з лінеаризацією шляхом логарифмування (рисунку 3).

GeoGebra Графический калькулятор

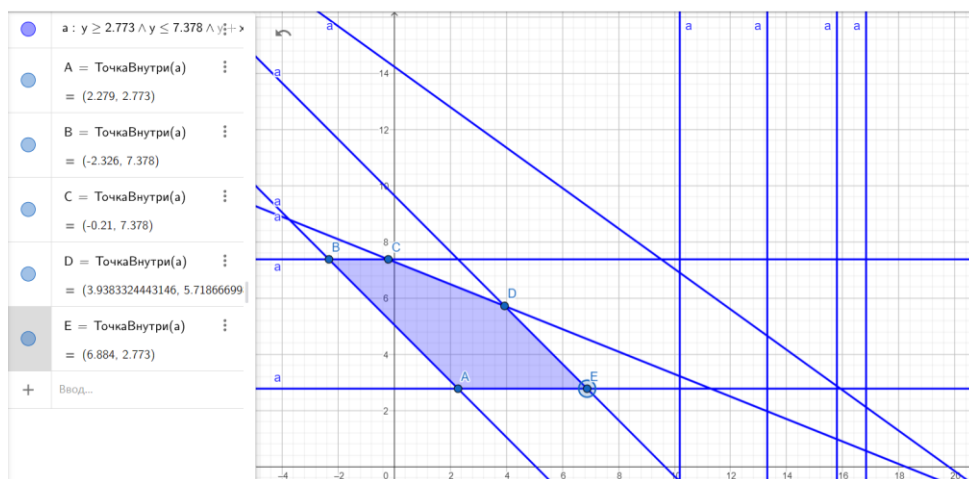


Рисунок 3 – Приклад розв'язання системи графічним методом

Перевірка показала правильність роботи чисельного методу (у межах похибки на графічний метод розв'язання).

На графіку граничні криві утворюють багатокутник рішень, в якому координати будь-якої точки задовольняють всім обмеженням без виключення. Тому завдання пошуку оптимальних значень зводиться до послідовного обчислення координат всіх

можливих точок перетину граничних прямих та визначення для них найбільшої суми (рисунок 4) [2].

$$A: 2.279 + 2.773 = 5.052 \quad D: 3.938332 + 5.71866 = 9.656992$$

$$B: -2.326 + 7.378 = 5.052 \quad E: 6.884 + 2.773 = 9.657 \quad \text{MAX}$$

$$C: -0.21 + 7.378 = 7.168 \quad S := \frac{e^{6.884}}{100} = 9.765$$

$$n := e^{2.773} = 16.007$$

Рисунок 4 – Координати точок многокутника рішень

Використання програмного пакету Mathcad суттєво скорочує час на визначення потрібних оптимальних параметрів режиму фрезерування. Для підвищення продуктивності його використання в подальшому можливо також зробити базу даних коефіцієнтів до технологічних обмежень.

Перелік посилань

1. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. – Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.
2. Кроль О.С. Методи та процедури оптимізації режимів різання: монографія. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. - 260 с.