

CAD/CAM/CAE TA CALS-ТЕХНОЛОГІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.9

Л.О. Борушак, В.В. Врюкало, О.Р. Онисько
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ)
кафедра комп'ютерного машинобудівного виробництва

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕДАКТОРА MathCAD

© Борушак Л.О., Врюкало В.В., Онисько О.Р., 2012

Описано використання пакета MathCAD у навчальному процесі для розв'язання задачі оптимізації режимів різання під час свердління.

The use of MathCAD program package in educational process to solving the optimization problem of cutting parameters by drilling is described.

Постановка проблеми. Завдання технологічної підготовки виробництва є важливими у фаховій підготовці інженера-механіка. Ключовими моментами в технологічній підготовці механо-складального виробництва є встановлення значень таких параметрів виконання технологічних операцій, як режими різання. Це призначення глибини різання та подачі з подальшим обчисленням швидкості різання та потужності обробки. Зазвичай призначення режимів різання виконується технологом за рекомендаціями довідників з урахуванням власного досвіду або розрахунково-аналітичним методом [1]. Як правило, отримані результати не є достатньо точними і у виробничих умовах часто вимагають коригування. Сучасні верстати з числовим програмним керуванням забезпечують високу продуктивність обробки різанням, а технологічні розрахунки займають багато часу. Тому актуальним є скорочення затрат часу на технологічні розрахунки і зведення до мінімуму процесу коригування технологічних режимів обробки.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження в галузі моделювання та оптимізації технологічних процесів не лише в машинобудуванні, але й в інших галузях промисловості дають методика і чітко описують математичні залежності для виходу на оптимальні режими технологічних процесів [2, 3], а в [4] подається графічна інтерпретація узагальненої методики.

Мета дослідження. Комп'ютерні методики та сучасне програмне забезпечення дають змогу змоделювати технологічні операції, визначити оптимальні значення функцій як критеріїв оптимізації технологічних процесів та графічно інтерпретувати як процес оптимізації, так і отримані результати [5]. Тому ми поставили перед собою завдання виконати аналітичну і числову оптимізацію режимів різання із застосуванням пакета програмного забезпечення MathCAD [5] та використати результати в навчальному процесі з напряму підготовки "Інженерна механіка" спеціалізації "Комп'ютеризоване машинобудівне виробництво".

Виклад основного матеріалу. Для прикладу знайдемо оптимальні значення швидкостей різання за різних значень подач для обробки отворів Ø12 мм у заготовках із сталі 30 свердлом із швидкорізальної сталі марки Р6М5. Деталей в партії – 400 шт.

За критерій оптимізації процесу різання приймаємо штучно-калькуляційний час обробки

$$t_K = t_K(v, s). \quad (1)$$

У нашому випадку необхідно знайти такі значення швидкості різання V [5], за яких функція

$$t_k(v_n, s_n) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Базова формула для визначення швидкості різання під час свердління [1] має вигляд

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v. \quad (3)$$

Модель, що описує час обробки залежно від режимів різання [4], набуде вигляду

$$t_k = \frac{\pi DL}{1000 \cdot VS} + \left(\frac{\pi DL}{1000 \cdot VS} \cdot \frac{S^{y/m} V^{1/m}}{C_v^{1/m} D^{q/m}} - \frac{1}{N} \right). \quad (4)$$

Складові часу обробки, як і всі перетворення, що необхідні для введення даних до програми MathCAD, детально описані в [1, 4].

Результуюча формула визначення швидкості різання V_n , яка забезпечує найвищу продуктивність (мінімальний час обробки $t_k \rightarrow \min$) за постійного значення подачі (при $S = const$), має вигляд

$$V_n = \left[\frac{m}{(1-m) T_{ih}} \right]^m \cdot \frac{C_v}{t^x S^y}. \quad (5)$$

Алгоритм аналітичної оптимізації з використанням редактора MathCAD такий.

Спершу введемо початкові дані, запишемо потрібні рівняння та задамо поверхню відгуку (графічну інтерпретацію) функціональної залежності часу обробки від глибини різання і подачі. Цей запис матиме вигляд як на рис. 1. На цьому ж рисунку зображено тривимірний графік досліджуваної функції, де на горизонтальних осях відкладено значення швидкості різання V і подачі S , а на вертикальній – значення часу обробки t .

```

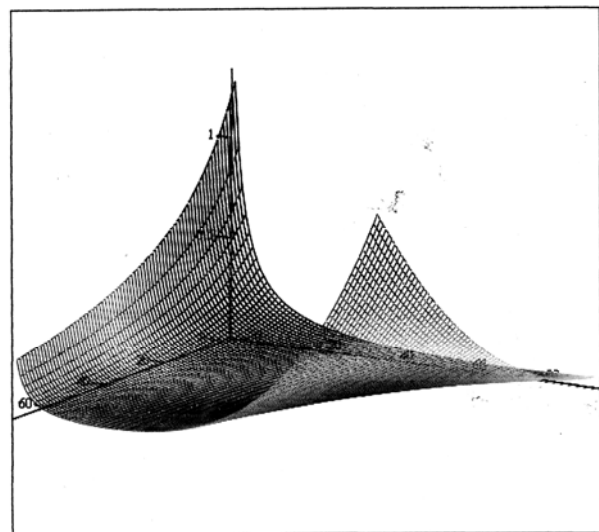
t := 6      Tpz := 20      L := 50      Kv := 0.9
m := 0.2    q := 0.4      D := 12
tin := 0.4  N := 400      y := 0.7
Cv := 7     S := 0.12

```

$$tk(S, V) := \frac{\pi D \cdot L}{1000 V \cdot S} + \left[\frac{\pi D \cdot L}{1000 V \cdot S} \cdot \frac{S^{\frac{y}{m}} \cdot (V)^{\frac{1}{m}}}{\frac{1}{C_v^m} \cdot \frac{q}{D^m}} - \frac{1}{N} \right]$$

```
Mk(i,j) := tk(24 + 1·i, 0.06 + 0.02j)
```

```
Mtk := matrix(75, 100, Mk)
```



Mtk

Рис. 1. Запис даних та графічна інтерпретація поверхні відгуку у MathCAD

Надавши параметру подачі три фіксовані значення: 0,08, 0,12 та 0,16мм/об, отримаємо двовимірні графіки залежності швидкості різання – час обробки. На них можна зафіксувати ті швидкості, за яких час обробки буде мінімальним. Паралельно виводяться точні числові дані знайдених швидкостей (рис. 2).

Проілюструємо розв'язок завдання методом лінійного програмування у редакторі MathCAD.

При цьому задача оптимізації режимів різання формулюється як знаходження найвищої продуктивності зняття металу за наявності ряду обмежень, зокрема на значення стійкості інструмента, на потужність металорізального верстату і на подачі.

Функція мети (математична модель) запишеться як об'єм металу, який зрізується із заготовки за одиницю часу

$$W = VS = \frac{\pi Dn}{1000} S = \frac{\pi D}{1000} (nS) = \frac{\pi D}{1000} V_S \Rightarrow \max . \quad (6)$$

$$Vn(S) := \frac{Cv \cdot D^4 \cdot Kv}{t^m \cdot S^y}$$

$S3 := 0.16$
 $Vn(S3) = 42.904$
 $S1 := 0.08$
 $Vn(S1) = 69.698$
 $S2 := 0.12$
 $Vn(S2) = 52.475$

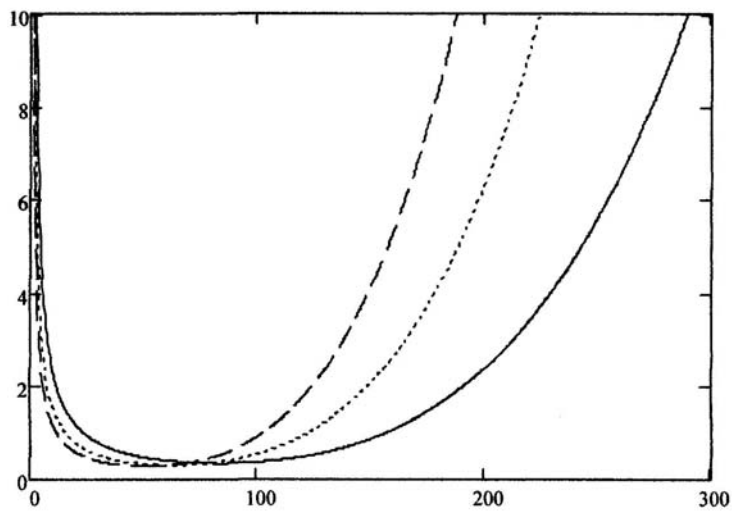


Рис. 2. Числові дані та графічне зображення оптимумів функції у MathCAD

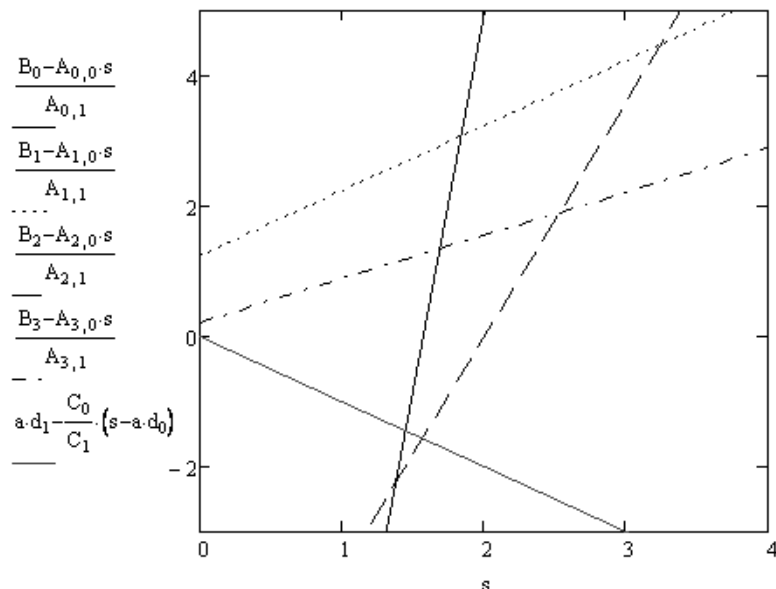


Рис. 3. Графічна інтерпретація в пакеті MathCAD системи обмежень, що використовується для розв'язання оптимізаційної задачі

Математичний запис системи обмежень та ряд перетворень емпіричних формул для обчислення режимів різання та їх запис як системи нерівностей детально подано у [4].

Побудуємо прямі, що відповідають умовам обмежень на елементи розв'язання. Лінійне рівняння зобразимо на графіку у вигляді прямої, а лінійна нерівність – у вигляді півплощини (рис. 3). Останнє з рівнянь є записом початкової прямої, яка покроковими переміщеннями наближається до точки максимуму. В результаті перетину прямих отримаємо багатокутник, який відповідає області допустимих розв'язків.

Щоб розв'язати задачу в редакторі MathCAD, систему обмежень слід записати у матричній формі та використати функцію знаходження максимуму. В результаті отримаємо значення параметрів X_1 та X_2 , що є логарифмами відповідно числа обертів шпинделя верстату та подачі, за яких продуктивність буде найвищою. Вказаний метод легко ілюструється, тому його доцільно використати для підготовки інженерів машинобудування завдяки його наочності.

Описану методику застосовують у навчальному процесі під час виконання лабораторних робіт з дисципліни “Моделювання та оптимізація в технологічній підготовці виробництва”.

Висновки. Використання сучасних комп'ютерних технологій, зокрема програмного пакета MathCAD, дає змогу ефективно та швидко вирішувати складні оптимізаційні задачі, які постають у роботі технолога. Розв'язування задач такого типу стає звичним не тільки на виробництві, але й впроваджується у процес підготовки майбутніх фахівців технологів та машинобудівників. Це привчає студентів творчо підходити до постановки та вирішення різноманітних практичних задач і в рамках САПР отримувати якісні та конкурентоспроможні рішення.

1. *Справочник технолога-машиностроителя. 4-е изд. В 2-х т. Т. 2 / ред. А.Г. Косилова и Р.К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.* 2. *Стоцько З.А. Моделювання технологічних систем: навч. посібник / З.А. Стоцько. – К.: НМКВО, 1992. – 132 с.* 3. *Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский – К.: Техника, 1975. – 768 с.* 4. *Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем: моделювання, проектування, оптимізація / Б.О. Пальчевський. – Львів: Світ, 2001. – 232 с.* 5. *Макаров Е. Инженерные расчеты в MathCAD: учеб. пособие / Е. Макаров. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.*

УДК 621.01

О.С. Ланець, В.М. Гурський, Я.В. Шпак
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра механіки та автоматизації машинобудування

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ CAD/CAE ПРОГРАМ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ

© Ланець О.С., Гурський В.М., Шпак Я.В., 2012

Окреслено можливості сучасних CAD/CAE програм для розв'язання типових задач структурно-параметричного синтезу, оптимізації та статико-динамічного аналізу в процесі проектування автоматизованого обладнання.

This article describes possibility of modern CAD/CAE of the programs during realization of typical tasks of structurally self-reactance synthesis, optimization, static and dynamics analysis in the process of planning of the automated equipment.

Вступ. Сьогодні виникає необхідність модернізувати та створювати оптимальні (раціональні) технологічні машини та комплекси. На допомогу сучасним інженерам прийшли потужні CAD/CAE/CAM програми [1, 2], здатні в комплексі розв'язувати складні науково-інженерні задачі,