

**УДК 621.9.06**

**І.В. Луців, докт. техн. наук, проф., Б.С. Сагайдак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПРОЦЕДУРА ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ  
ТОКАРНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСІВ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof., B.S. Sahajdak**

**PROCEDURE OF TURNING CUTTING CONDITIONS OPTIMIZATION  
RESEARCH IN MANUFACTURING PROCESS DEVELOPMENT**

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки першочергове значення надається забезпеченню високої економічності процесу обробки, тобто досягненню його найважливіших економічно вигідних показників [1]. Цим визначається змістовне наповнення математично-прикладної постановки задачі такої оптимізації – знаходження серед безлічі технічних варіантів такого, що визначає позитивно вирашений економічний результат [2]. Така задача є багатоструктурною, багатокритеріальною і багатоваріантною водночас.

Перш за все оптимізаційну задачу можна поділити на маршрутну, операційну та внутрі-операційну складові. Так, стосовно до точіння (наприклад валів) наближено можна говорити про такі етапи раціонального пошуку оптимального складового елемента технологічного процесу обробки: а) розподіл припусків; б) оптимізація силового режиму чорнового точіння; в) досягнення високої якості поверхні при чистовому обробленні; г) забезпечення високого рівня працездатності технологічної системи верстат (шпиндель, затискний пристрій, спосіб закріплення), оброблювана заготовка (попередні операції, конструкція, матеріал), супортна група з інструментальним оснащенням (різальна частина, її геометрія, кріплення, елементи адаптації, тощо), д) досягнення надійного запасу динамічної стійкості такої системи.

Найважливішими характеристиками при пошуку оптимального технологічного процесу є штучний технологічний час чи штучна продуктивність [3]. При цьому їх слід віднести до основних факторів, що визначають економічні показники, що безпосередньо призводить до рішення про оптимізацію елементів режимів різання, як найважливішого етапу раціонального проектування оптимального технологічного процесу. Зокрема, це є особливо істотним в наш час при застосуванні програмно керованого обладнання, яке дозволило збільшити долю основного часу в загальній структурі часу на обробку до більше 55%. Раціональний поділ припуску при різних проходах вирішується за рахунок застосування методу динамічного програмування або ж раціональними положеннями попереднього інженерного досвіду (глибина різання на першому проході – найбільша, а на останньому – хоча б неменша за попередні і т.д.). Досить істотним є відоме положення про оптимальне визначення швидкості різання при обробці залежно від визначеного раціонального періоду стійкості різального інструменту [4], особливо при застосуванні при обробці швидкорізальних сталей, хоча в даний час при використанні дороговартісного нового сучасного обладнання із ЧПК, а особливо при обробці на оброблювальних центрах, з врахуванням застосування змінних непереточуваних пластин із твердих сплавів, такий підхід втрачає свою визначальність. Основним обмежувальним критерієм при чистовій обробці часто є забезпечення необхідної шорсткості і мінімальної хвилястості оброблюваної поверхні. В результаті, необхідність істотного збільшення продуктивності обробки при врахуванні раціонального поділу припуску, тобто, при оптимальному значенні

глибини різання, призвела до пошуку оптимальних режимів обробки за критеріями максимізації добутку  $n \cdot s$  ( $n$  – частота обертання шпинделя;  $s$  – подача на один оберт).

Таким чином, оптимізаційна задача може бути зведена до її плоскої постановки.

Нами проаналізований підхід щодо раціоналізації параметрів  $n$  і  $s$  для випадку чорнового точіння деталі «вал тихохідний». При цьому обмеження, що формують область визначення функції мети були сформульовані в такому вигляді: 1) за різальними можливостями інструменту; 2) за потужністю руху різання; 3) за допустимим зусиллям приводу подачі; 4) за міцністю державки різця; 5) за міцністю різальної пластини; 6-9) за граничними значеннями подачі і частоти обертання шпинделя верстату. Систему нерівностей із зазначенням постійного рівня функції мети можна розв'язувати як графоаналітичну задачу [5] або ж аналітичну методом геометричного моделювання чи іншим. Геометрична інтерпретація задачі на попередньому етапі дає істотну можливість її значно спростити стосовно області формування можливих значень існування максимального значення функції мети. Тобто фактично можна досягнути простої за формою оптимізованої області допустимих значень. При цьому приходимо до достатньо нескладної системи нерівностей в логарифмічній системі координат ( $x_1 = \ln(n)$  – вісь ординат, а  $x_2 = \ln(s)$  – вісь абсцис) виду:

$$\begin{aligned} \alpha_{11}x_1 + \alpha_{21}x_2 &\leq \beta_1; & \alpha_{12}x_1 + \alpha_{22}x_2 &\leq \beta_2; \\ \gamma_1 &\leq x_1 \leq \gamma_2; & \gamma_3 &\leq x_2 \leq \gamma_4. \end{aligned}$$

При аналізі цих залежностей нами показано, що шукане оптимальне рішення щодо значень елементів режимів різання лежить на границі оптимізованої області допустимих значень у вузлових точках, а значення оптимального режиму різання легко отримати аналітично перебором значень  $x_1 + x_2 \rightarrow \max$ .

В подальшому дуже важливою є перевірка отриманого оптимального режиму різання на вібростійкість. При цьому варто скористатись динамічною характеристикою процесу різання у формі аперіодичної ланки, запропонованою О.В. Кудиновим, при умові представлення пружної системи верстатно-інструментального оснащення у вигляді одно масової системи із пружним і демпфуючим зв'язками. При цьому можна використати алгебраїчний критерій Рауса-Гурвіца або ж частотний критерій Найквіста. Таким чином, розраховуємо значення гранично можливої глибини різання, яке дозволяє дана система, при визначених швидкості різання та подачі. Така перевірка дозволяє забезпечити різання з надійним рівнем динамічної стійкості.

Викладений підхід можна вважати ще одним обґрунтованим кроком у напрямку практичного застосування ефективних методів пошуку оптимальних схем проектування технологічних процесів.

### Література

1. Якобс Г.Ю. Оптимизация резания. Параметризация способов обработки резанием с использованием технологической оптимизации/ Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
2. Кузнецов Ю.М. Теория технических систем/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, С.А. Дубиняк. – Тернопіль, 1997. – 310 с.
3. Анельчик Д.Є. Система різання: фізичні основи і оптимізація/ Д.Є. Анельчик, С.В. Швець, І.В. Луців, І.Д. Дубецький. Одеса – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 145 с.
4. Грановский Г.И. Резание металлов/ Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
5. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 334 с.