

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Результати моделювання пружних переміщень і характеристик шорсткості за наближеною моделлю (22), які проводилися для параметрів твердості  $H_{Vmin}=140$ ,  $H_{Vmax}=230$ , маса цанги 0,08 кг, маса дисбалансу 0,02 кг, радіус дисбалансу  $5 \cdot 10^{-5}$  м для умов точіння на верстаті 1A12П заготовок зі сталі 45 різцями з твердого сплаву Т15К6. З аналізу отриманих результатів моделювання випливає, що збільшення діаметра заготовки в 2 рази тієї ж довжини приводить до зменшення пружних переміщень заготовки з урахуванням жорсткості шпindelної бабки і маси дисбалансу практично в 7–8 разів, а параметрів шорсткості в найбільш небезпечних перетинах по довжині заготовки – в 2,5 рази. Похибка моделювання шорсткості порівняно з експериментальними даними для тих же умов обробки в середньому не перевищувала 20 %.

Викладена методика моделювання параметрів шорсткості дозволяє поряд з хвилястістю і шорсткістю моделювати такий показник точності, як некруглість поверхні. Під час визначення некруглості, огранювання на профілі за кількісну оцінку відхилення форми приймають найбільшу відстань від точок реального профілю до прилягаючого кола.

Методика дослідження мікрорельєфу дозволяє не тільки з більшою точністю отримувати значення амплітудних і просторових параметрів мікронерівності поверхні після механічної обробки, а й дослідити якісні характеристики та експлуатаційні властивості. Науково-практичний інтерес в цьому зв'язку являють дослідження зв'язків технологічних чинників процесу механічної обробки з окремими параметрами геометричної структури поверхні. Надзвичайно важливими також є зв'язки параметрів мікрогеометрії з експлуатаційними характеристиками. Програма досліджень мікротопографії передбачає також отримання функцій і залежностей, таких, як несуча спроможність поверхні, функція автокореляції, криві Абета.

Приведені математичні моделі формування параметрів якості призначені для модулів пакетів САПР у розробці і оптимізації технології токарної обробки деталей. Ці моделі дозволяють поряд з прямою задачею оцінити придатність одного із способів формоутворення для досягнення необхідних значень параметрів якості поверхні, вирішувати обернену задачу: за даними параметрами якості вибрати оптимальну технологію.

### Інформаційні джерела

1. Колев К.С., Горчаков Л.Н. Точность обработки и режимы резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 144 с.
2. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
3. Качество машин: Справочник. В 2т. Т.1 / А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
4. Левин М.А. Прогнозирование параметров качества при механической обработке деталей. – Севастополь: НГО им. А.Н. Крылова, 1984. – 57 с.
5. Дунин-Барковский И.В., Карташева А.И. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
6. Лукьянов В.С., Рудзит А.Я., Параметры шероховатости поверхности. – М.: Издательство Стандартов, 1979. – 162 с.
7. Никитин Б.В. Расчет динамических характеристик металлорежущих станков. – М.: Машгиз, 1962. – 112 с.
8. Денисюк В.Ю. Вплив технологічних чинників на показники якості поверхонь деталей в процесі токарної обробки // Наукові нотатки. Міжвуз. зб. Луцького державного технічного університету (за напрямком “Інженерна механіка”). Вип. 17. – Луцьк: Вид-во ЛДТУ, 2005. – С. 114–123.

УДК 621.822:681.2:369.64

1. Заблоцький В.Ю., 2. Дахнюк О.П.
1. Луцький національний технічний університет
2. ДП Луцький ремонтний завод «Мотор»

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ З ПАРАМЕТРАМИ ЯКОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТОКАРНО-АВТОМАТНИХ ОПЕРАЦІЙ

*У статті проведено дослідження особливості інструментальних налагоджень токарних автоматів з урахуванням умов багатоменклатурного виробництва. Виконано параметричну*

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

оптимізацію багатоінструментальних налагоджень. Отримані формули розрахунку значення хвилинних подач для груп інструментів або налагодження в цілому з позиції досягнення максимальної продуктивності.

*В статье проведено исследование особенности инструментальных наладиваний токарных автоматов с учетом условий многономенклатурного производства. Выполнена параметрическая оптимизация многоинструментальных наладиваний. Полученные формулы расчета значения минутных подач для групп инструментов или наладивания в целом с позиции достижения максимальной производительности.*

*In the article research of feature of the instrumental adjustings of lathe automats is conducted taking into account the terms of multitop-level production. Self-reactance optimization of the multiinstrumental adjustings is executed. Got formulas of calculation of value of minute serves for the groups of instruments or adjusting on the whole from position of achievement of burst performance.*

Відзначимо, що найкраща відповідність уніфікованих інструментальних переходів елементам налагоджень токарних автоматів в умовах багатомноменклатурного виробництва може бути досягнуте при оптимальному значенні параметрів режимів різання.

Тому питання параметричної оптимізації багатоінструментальних операцій оброблення деталей на токарних автоматах в умовах безперервного розширення номенклатури виготовлюваних виробів мають принципово важливе значення.

Необхідність врахування порівняно великого числа чинників, що відображають вплив режимів різання на якісні та кількісні показники утворення хвилястості в процесі механічного оброблення за умов дрібносерійного багатомноменклатурного виробництва, робить цю задачу достатньо складною, яка вимагає розроблення спеціальних методів її рішення. Комплекс питань, пов'язаних з рішенням цієї задачі, включає:

- 1) виявлення залежності, пов'язаної з визначенням фізичних закономірностей процесу різання;
- 2) встановлення кількісних взаємозв'язків між параметрами процесу різання і похідними від них технічними характеристиками, як, наприклад, точність, хвилястість оброблюваних поверхонь, умови різання, стійкість інструменту тощо;
- 3) якісний та кількісний аналіз взаємозв'язків вказаних параметрів з економічними характеристиками процесу;
- 4) визначення послідовності запуску деталей різних класифікаційних груп в оброблення з врахуванням доцільності застосування повного або неповного переналагодження верстата, способу заміни інструменту, а також виявлення взаємозв'язку між умовами переналагодження верстата й значенням параметрів режимів різання;
- 5) розроблення методів вирішення складної техніко-економічної варіаційної задачі вибору оптимальних режимів різання з врахуванням виявлених взаємозв'язків між параметрами процесу та його техніко-економічними характеристиками.

Вирішення задачі параметричної оптимізації припускає використання результатів структурної оптимізації багатоінструментальної операції та складається з наступних етапів:

- 1) визначення лімітуючих, з погляду умов оброблення, інструментальних, блокових і позиційних переходів в структурі технологічної операції;
- 2) вибір критерію оптимальності, а також визначення обмежень на параметри та показники технологічної операції;
- 3) визначення оптимальних значень елементів режимів різання інструментальних, блокових і позиційних переходів з метою досягнення найкращих умов для ефективного використання інструменту, оснащення і технологічного устаткування при максимальній продуктивності процесу механічного оброблення.

При визначенні кращого варіанту структури багатоінструментальної технологічної операції використовується метод концентрації і диференціації технологічних переходів. При цьому в результаті реалізації методу параметричної оптимізації припускати підвищити рівень ефективності отриманих в результаті проектування конструкторсько-технологічних рішень.

При такому підході під параметричною оптимізацією структурно-компонувальних схем багатоінструментальних налагоджень токарних автоматів розуміється процес знаходження такої сукупності тимчасових зв'язків інструментальних, блокових і позиційних переходів, яка

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

задовольняючи прийнятим обмеженням, забезпечувала б максимальне значення технологічної продуктивності при мінімальних витратах.

Змінюючи значення параметрів режимів різання, наприклад, значення подачі  $S_m$  і швидкості різання  $V$ , можливо упорядкувати безліч тимчасових зв'язків  $\{Lt_p\}$  робочих ходів, інструментальних, блокових і позиційних переходів, що в свою чергу здійснює значний вплив на продуктивність процесу і на ефективність використання технологічного устаткування.

В умовах частопереналагоджуваного виробництва оперативність вирішення подібних задач параметричної оптимізації здійснює значний вплив на підвищення гнучкості системи технологічної підготовки виробництва багатомономенклатурних груп деталей. Отже, вибір технологічного рішення, яке визначається безліччю тимчасових зв'язків  $\{Lt_p\}$  повинен бути віднесений до багатомономенклатурної групи деталей, що характеризуються набором конструктивно-технологічних ознак з якісними та кількісними значеннями.

Параметрична оптимізація технологічної операції механічного оброблення деталей проводиться за рахунок впорядкування безлічі тимчасових зв'язків  $\{Lt_p\}$ , має на своїй меті максимізувати (мінімізувати) цільову функцію залежно від виду вибраного критерію оптимальності. При цьому повторне, після структурної оптимізації, впорядкування безлічі тимчасових зв'язків здійснюється в основному шляхом зміни або величини подачі  $S_m$  інструментального блоку (супорта) (мм/хв) або за рахунок зміни величини швидкості різання  $V$  (м/с), як похідній від частоти обертання шпинделя  $n$  (с-1). Для вирішення задачі параметричної оптимізації припускається розгляд функціональної структури технологічної операції. З другого боку, опис технологічної операції у вигляді функціональної структури припускає встановлення функціональних зв'язків інструментального налагодження БТА в умовах багатомономенклатурного виробництва. Тому вирішення задачі параметричної оптимізації в умовах багатомономенклатурного виробництва – впорядкування безлічі елементів багатоінструментального налагодження за функціональною структурою технологічної операції.

Структура багатоінструментального налагодження БТА є похідною від функціональної структури технологічної операції. Отже, функціональна структура технологічної операції відображає склад і характер інструментального налагодження верстата.

Задачі, які виникають при аналізі функціональних структур технологічних операцій, обумовлюють розроблення методів формалізації опису технологічної схеми багатоінструментального налагодження.

Очевидно, що створення і освоєння гнучких багатомономенклатурних виробництв повинно передбачати функціональні структурні зміни технологічних операцій для спрощення вирішення задач параметричної оптимізації на основі впорядкування безлічі тимчасових зв'язків  $\{Ltp\}$ .

Такий підхід до вирішення задачі структурної і параметричної оптимізації передбачає уніфікацію технологічних розв'язків.

Варто зазначити, що варіантність є однією з головних умов побудови найкращих технологічних розв'язків. В даному випадку варіантність технологічних розв'язків визначається такими значеннями режимів оброблення ( $S_m, V$ ), при яких досягається максимум (мінімум) цільової функції з врахуванням обмежуючої залежності.

Розглянемо структуру операції на рівні функціонально тимчасових зв'язків. Формально функціональну структуру багатоінструментальної технологічної операції можна визначити як відображення варіанту концентрації безлічі технологічних переходів  $\{N\}$  на безлічі можливо допустимих значень елементів режимів різання  $\{V, S\}$ .

$$\begin{cases} \varphi_{\phi} t : N \rightarrow (S, V), \\ \varphi_{\phi} t : N \rightarrow B_{i1} \cdot B_{i2} \cdot \dots \cdot B_{in}, \\ \varphi_{\phi} t : \Delta Lt_p \rightarrow \max Q_u, \\ \varphi_{\phi} t : \Delta Lt_p \rightarrow B_{i1} \cdot B_{i2} \cdot \dots \cdot B_{in}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $B_i$  - безліч елементів інструментального налагодження токарного автомата;  $\Delta Lt_p$  - безліч приростів тимчасових зв'язків робочих ходів супортів БТА;  $Q_u$  - технологічна продуктивність, величина, обернена часу робочого ходу на лімітуючому позиційному переході.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Звідси слідує, що функціональна структура технологічної операції може бути уявлена відображенням  $f_{ft}$  - функціонально-параметричних зв'язків.

Існують певні функціональні зв'язки  $\{L_{f.o}\}$  технологічної операції. Для деяких значень режимів оброблення  $(S, V)$ , відповідних функціональній структурі інструментального налагодження та відповідних обмежуючих залежностей стійкості інструментів, які входять в дану структуру налагодження, безліч приростів робочих ходів повинна бути ідентична. Тому можна записати : якщо  $L_{f.o} \rightarrow \Delta l_{rx}$ , тоді  $L_{f.o} \rightarrow \Delta l_{rx}$ ,  $L_{f.o} \rightarrow (S, V)$ .

В результаті дослідження параметричних, функціональних і часових зв'язків  $\{R, [S, V], S_{f.o}, \Delta L_{tp}\}$  сформульовані правила формування багатозначної залежності для задачі параметричної оптимізації:  $(S, V) \rightarrow L_{f.o}$ .

1.  $(S, V) \rightarrow L_{f.o}$ , якщо відношення  $R[(S, V), L_{f.o}, \Delta L_{tp}]$  є поєднанням двох відношень  $R[(S, V), L_{f.o}, R_1]$  та  $R_2$ . При цьому очевидно, що при поєднанні  $R_1$  і  $R_2$  для кожної функціональної структури технологічної операції  $L_{f.o}$  утворюються можливі комбінації, відповідні  $L_{f.o}$  підмножинам значень режимів оброблення  $(S, V)$  і приростів робочих ходів  $\Delta l_{rx}$ .

2. Якщо  $(S, V) L_{f.o}$  та  $\Delta l_{rx}$  є відношення виду  $R[(S, V), L_{f.o}, \Delta l_{rx}]$  і якщо  $L_{f.o} \rightarrow \Delta l_{rx}$ , тоді  $L_{f.o} \rightarrow (S, V)$ .

3. Якщо жодна з множин  $(S, V), L_{f.o}, \Delta l_{rx}$  не є підмножиною іншої безлічі відношення  $R[(S, V), L_{f.o}, \Delta l_{rx}]$  і якщо  $L_{f.o} \rightarrow \Delta l_{rx}$ , тоді  $\Delta l_{rx} \rightarrow (S, V)$  і якщо  $(S, V) \rightarrow L_{f.o}$ , та  $L_{f.o} \rightarrow \Delta l_{rx}$  то  $(S, V) \rightarrow \Delta l_{rx}$ .

Найбільш об'єктивними показниками для оцінки ефективності багатоінструментальної технологічної операції оброблення деталей в умовах багатомономенклатурного виробництва є продуктивність та приведені витрати. В зв'язку з цим постановка задачі параметричної оптимізації сформульована наступний чином. Для даної деталі, що підлягає обробленню на БТА, визначити вид переналагодження верстата, спосіб заміни інструменту, значення параметрів різання, які при врахуванні умов і обмежень забезпечували б:

- 1) максимальну продуктивність оброблення;
- 2) мінімум приведених витрат на отримання одиниці продукції.

Варто зазначити, що на значення технологічної продуктивності в умовах частопереналагоджуваного багатомономенклатурного виробництва здійснює суттєвий вплив підготовчо-заклучний час. Величина цього часу, що доводиться на одну деталь, залежить від числа деталей в партії, від виду переналагодження верстату при переході на оброблення деталей інших класифікаційних груп і від деяких інших чинників стану системи технологічної підготовки виробництва.

Вираз основного часу здійснення операції з паралельним способом поєднання інструментальних переходів, який має місце при обробленні на горизонтальних і вертикальні БТА, визначається часом здійснення лімітуючого переходу.

Значення питомої продуктивності процесу механооброблення, використовуючи відомі вирази [1] для паралельного способу поєднання інструментальних переходів в часі:

$$Q = \omega \cdot p \cdot \mu \cdot \eta_0, \quad (2)$$

$$\omega_p = \frac{\sum_{i=1}^p V_i \cdot S_i}{100p} \quad \text{де} \quad \vartheta = \frac{\sum_{i=1}^p t_i^0}{t_A}$$

- узагальнена характеристика інтенсивності процесу різання;

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^p t_i^0}{T_u}$$

коефіцієнт поєднання;  $p$  - число інструментів в налагодженні;

коефіцієнт безперервності оброблення;  $T_u$  - тривалість технологічного циклу (хв.);  $t_i^0$  - основний час роботи  $i$ -го інструменту

(хв.);  $\eta_0$  - коефіцієнт позациклових втрат фонду часу верстата;  $\eta_0 = 1 - \sum_{i=1}^k \sigma_i$ ;  $\sum_{i=1}^k \sigma$  - сума різних позациклових втрат фонду часу верстата.

Тривалість технологічного циклу визначається як сума часу найтривалішого переходу  $t_l$  і часу холостих ходів  $t_x$   $T_u = t_u + t_x$ , хв.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Підставивши у вираз 2 значення коефіцієнтів  $\mu$  та  $\nu$  отримаємо вираз питомої продуктивності:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^p t_i^{(0)}}{(t_l + t_x)q} \omega_p \eta_0, \quad (3)$$

$$T_p = \frac{T_u}{q}$$

де  $q$  - число робочих позицій верстата;  $T_p$  - такт випуску деталей;  $p$  - число інструментів в налагодженні.

Виконавши деякі перетворення і підставивши у вираз (3) значення  $\omega_p$  та  $\eta_0$  отримаємо вираз продуктивності:

$$Q = \frac{1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{zm} (k_{npi} V_{\phi}^{\mu_i} + V_{Hi}^{\mu_i})}{T_{npi} V_H^{\mu_i}}}{(t_l + t_x)q}, \quad (4)$$

де  $t_{zm}$  - час на зміну і регулювання інструменту за період стійкості;  $T_i, \mu_i$  - показник степеня;

$T_{npi}$  - граничний період стійкості  $i$ -го інструменту, хв.;  $V_H$  - нормативна (розрахункова) швидкість різання;  $V_{\phi}$  - фактична швидкість різання;  $T_H$  - значення стійкості, відповідне  $V_H$ , хв.

Фактична стійкість визначається за формулою:

$$T = \frac{T_{np} V_H^{\mu}}{k_{np} V_{\phi}^{\mu} + V_H^{\mu}}, \quad (5)$$

де  $k_{oc} = \frac{T_i}{T_{\phi}}$  - коефіцієнт відносної стійкості;  $T_{np}$  - прийнятий період стійкості;  $k_{np} = \frac{T_{np}}{T_H}$  - коефіцієнт граничної стійкості.

$$T = \frac{C_T}{V^{\mu}} \quad [2].$$

Перерахована залежність виходить з виразу

Для випадку заміни інструменту групами вираз питомої продуктивності мають вигляд:

$$Q_{np} = \frac{1 - \sum_{i=1}^n \frac{\tau (k_{npli} + V_{\phi}^{\mu} + V_{Hi}^{\mu})}{T_{npi} V_H^{\mu_i}}}{t_{li} V_{Hi}^{\mu_i}}, \quad (6)$$

де  $t_i$  - час на заміну і регулювання інструментів  $j$ -ї групи;  $n$  - число груп інструментів;  $k_{npli}$  -

$$t_l = \frac{l_l}{n_{\phi l} S_l}$$

коефіцієнт граничної стійкості лімітуючого за стійкістю інструменту  $j$ -ї групи;  $n_{\phi l} S_l$  - час робочого ходу лімітуючого інструменту;  $l_l$  - довжина робочого ходу на лімітуючому інструментальному переході.

Запишемо вираз приведених витрат, використовуючи відому залежність [3, 4]:

$$\Theta_n = \left( \frac{k_3}{T_e \eta_{\phi} \Phi \eta_0} + c_0 \right) T_u, \quad (7)$$

де  $k_3$  - капітальні витрати за всіма видами витрат;  $\Phi$  - річний фонд часу роботи верстата;  $T_e$  - експлуатаційний термін служби верстата;  $\eta_{\phi}$  - коефіцієнт використання робочого фонду верстату;  $c_0$  - собівартість, верстато-годин;  $T_c$  - тривалість технологічного циклу оброблення;  $\eta_0$  - коефіцієнт позациклових витрат часу верстата.

Використовуючи отриману залежність для визначення питомої продуктивності (4), (6), можна визначити значення частоти обертання шпинделів  $n$  і величин подач  $S_m$ , відповідних значенням

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

максимальної продуктивності і мінімальним приведеним витратам для різних за характером здійснення технологічних операцій.

Для визначення частоти обертання шпинделя, відповідної максимальному значенню технологічної продуктивності роздільного і групового способу заміни інструменту, запишемо рівняння для визначення питомої продуктивності:

$$Q_1 = \frac{1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmm} (k_{npi} n_{\phi}^{\mu_i} + n_{Hi}^{\mu})}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu}} - \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmm}}{T_{Hi}}}{\frac{l}{n_{\phi l} S_l} + t_{x.x}} \quad (8)$$

$$Q_{np} = \frac{1 - \sum_{i=1}^h \frac{\tau_i (k_{nplj} n_{\phi l}^{\mu_{li}} + n_{Hlj}^{\mu_{lj}})}{T_{nplj} n_{Hi}^{\mu}} + \sum_{i=1}^h \frac{\tau_i}{T_{nplj}}}{\frac{l}{n_{\phi l} S_l} + t_{x.x}} \quad (9)$$

Оскільки величина часу холостого ходу  $t_{x.x}$  не впливає на вибір пф то цією змінною можна нехтувати.

Для визначення загального значення частоти обертання відповідної максимальній продуктивності верстату необхідно взяти першу похідну по пф від виразів (8), (9) і, прирівнявши до нуля, розв'язати це рівняння відносно пф. Для першого випадку отримали:

$$\frac{\partial Q_1}{\partial n_{\phi}} = \frac{S_n}{l_l} \left[ 1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_i + 1)^{\mu_i} n_{\phi}}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_i}} - \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmm}}{T_{Hi}} \right] = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_i + 1) n_{\phi}^{\mu_i}}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_i}} + \sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi}}{T_{npi}} + \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmi}}{T_{Hi}} = 1 \quad (11)$$

звідки:

$$\sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_i + 1) n_{\phi}^{\mu_i}}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_i}} + \sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi}}{T_{npi}} + \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmi}}{T_{Hi}} = 1 \quad (12)$$

для інструментів з однаковим значенням  $\mu$ :

$$n_{Q_1}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi}}{T_{npi}} - \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmi}}{T_{Hi}}}{\frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu + 1)}{\sum_{i=1}^q \frac{T_{cmi} k_{npi} (\mu + 1)}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu}}}} \quad (13)$$

При заміні індивідуальних показників  $\mu_i$  середньоарифметичними  $\mu_{cp}$  отримуємо:

$$n_{Q_1}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi}}{T_{npi}} - \sum_{i=1}^{p-q} \frac{t_{cmm}}{T_{Hi}}}{\sum_{i=1}^q \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_{cp} + 1)}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_{cp}}}} \quad (14)$$

Значення  $\mu_{cp}$  визначили таким чином:

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

$$\mu_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^p \mu_i}{p}, \quad (15)$$

де  $p$  - число інструментів в налагодженні.

Висловлена послідовність визначення оптимального значення  $\mu$  встановлена в основу алгоритму вирішення оптимізаційної задачі в автоматизованій системі технологічної підготовки багатомономенклатурного виробництва на основі застосування БТА.

При заміні зношених інструментів групами, з'єднаними відносно стійкості, за супортами, позиціями тощо:

$$\frac{\partial Q_{cp}}{\partial n} = \frac{S_l}{l_l} \left[ 1 - \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j k_{np lj} (\mu_{lj} + 1) n^{\mu_{lj}} + n_{Hlj}^{\mu_{lj}}}{T_{np lj} n_{Hlj}^{\mu_{lj}}} \right] = 0, \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{\tau_j k_{np lj} (\mu_{lj} + 1) n^{\mu_{lj}}}{T_{np lj} n_{Hlj}^{\mu_{lj}}} + \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j}{T_{np lj}} = 1, \quad (17)$$

Тоді, для інструментального налагодження з однаковими значеннями  $\mu$  для всіх інструментів:

$$n_{Q_{cp}}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j}{T_{np lj}}}{\sum_{j=1}^n \frac{\tau_j k_{np lj} (\mu + 1)}{T_{np lj} n_{Hlj}^{\mu}}}, \quad (18)$$

Для різних значень  $\mu_i$ , використовуючи середнє значення показника степеня  $\mu_{cp}$ , вираз  $Q_{cp}$ , відповідний максимальній продуктивності, набув наступного вигляду:

$$n_{Q_{cp}}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j}{T_{np lj}}}{\sum_{j=1}^n \frac{\tau_j k_{np lj} (\mu_{cp} + 1)}{T_{np lj} n_{Hlj}^{\mu_{cp}}}}, \quad (19)$$

де  $\mu_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_{lj}}{n}$  - середнє значення показника степеня у виразі:

$$T = \frac{T_{np} V_H^{\mu}}{k_{np} V_{\phi}^{\mu} + V_H^{\mu}}, \quad (20)$$

для лімітуючого за стійкістю інструменту  $j$ -ї групи;  $n$  - число груп інструментів в налагодженні;  $T_{np}$  - гранична стійкість інструменту.

Для визначення загального кінематичного параметра  $S$  (об/хв.) з позиції досягнення максимальної продуктивності запишемо вираз стійкості  $i$ -го інструменту налагодження за подачею:

$$T_{cni} = \frac{T_{npi} (n_{Hi})^{\mu}}{\frac{k_{npi}}{S_i^{\mu}} S_{\mu}^{\mu} + n_{Hi}^{\mu}}, \quad (21)$$

На основі параметра питомої продуктивності для випадку роздільної заміни інструментів в налагодженні має вигляд:

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

$$Q_l = \frac{I}{l_n} \left[ S_M - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} \frac{k_{npi}}{S_i^{\mu_i}} (\mu_i + I) S_M^{\mu_i} + t_{cmi} n_{Hi}^{\mu_i}}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_i}} \right], \quad (22)$$

Візьмемо першу похідну по  $S$ , хв.

$$\frac{\partial Q_l}{\partial S_M} = \frac{I}{l_n} \left[ 1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} \frac{k_{npi}}{S_i^{\mu_i}} (\mu_i + I) S_M^{\mu_i} + t_{cmi} n_{Hi}^{\mu_i}}{T_{npi} n_{Hi}^{\mu_i}} \right] = 0 \quad (23)$$

Прирівнюємо отримане значення до 0 і визначаємо  $S$ , хв.:

$$1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_i + I)}{(S_i n_{Hi})^{\mu_i} T_{npi}} S_M^{\mu_i} - \sum_{i=1}^p \frac{T_{cmi}}{T_{npi}} = 0 \quad (24)$$

Тоді:

$$\sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_i + I)}{(S_i n_{Hi})^{\mu_i} T_{npi}} S_M^{\mu_i} - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cm}}{T_{npi}} = 0 \quad (25)$$

Для інструментів з однаковим значенням  $\mu$ :

$$S_{MQ_l}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi}}{T_{npi}}}{\sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu + I)}{(S_i n_{Hi})^{\mu} T_{npi}}} \quad (26)$$

Для інструментів з різним значенням  $\mu$  і при розрахунку за  $\mu_{cp}$ :

$$S_{MQ_l}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi}}{T_{npi}}}{\sum_{i=1}^p \frac{t_{cmi} k_{npi} (\mu_{cp} + I)}{(S_i n_{Hi})^{\mu_{cp}} T_{npi}}}, \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^k \frac{l_{lj} k_{nplj} (\mu_{lj} + I) \tau_i}{k_{nplj} (S_{lj} + n_{nlj})^{\mu_{lj}}} S_{\mu_{li}}^{\mu} = 1 - \sum_{j=1}^k \frac{\tau_i}{T_{nplj}} \quad (28)$$

Для інструментів з однаковим  $\mu$ :

$$S_{MQ_{cp}}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j}{T_{nplj}}}{\sum_{j=1}^k \frac{l_{lj} k_{nplj} (\mu + I) \tau_i}{k_{npli} (S_{lj} n_{Hlj})^{\mu}}}, \quad (29)$$



$$S_{\mu Q_{cp}}^{\mu} = \frac{1 - \sum_{j=1}^n \frac{\tau_j}{T_{npj}}}{\sum_{j=1}^k \frac{l_{lj} k_{npj} (\mu_{cp} + 1)^{\mu_{cpj}}}{k_{npj} (S_{lj} n_{Hlj})^{\mu_{cpj}}}} \quad (30)$$

Отримані формули (26-30) дозволили розрахувати значення хвилинних подач для груп інструментів або налагодження в цілому з позиції досягнення максимальної продуктивності.

#### Інформаційні джерела

1. Игумнов Б.Н. Расчет оптимальных режимов обработки для станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1974. – 198с.
2. Муминов Н.А. Имитационные модели металлорежущих станков. – Ташкент: Фан, 1980. – 120 с.
3. Чепенко В.Л. Оптимизация режимов резания на станках с ЧПУ. – М.: ЦНИИ И ТЭАНТ, 1981. – 60с.
4. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.

УДК 612

Ю.А.Лук'янчук, В.В. Казановська

Луцький національний технічний університет

#### МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ СУЧАСНИМИ ПРИЛАДАМИ

*В статті розглянуто причини виникнення такого захворювання як цукровий діабет, а також методи та засоби контролю рівня глюкози в крові.*

*Ключові слова: цукровий діабет, глюкоза, діабет, глюкометр.*

*В статье рассмотрены причины возникновения такого заболевания как сахарный диабет, а также методы и средства контроля уровня глюкозы в крови.*

*Ключевые слова: сахарный диабет, глюкоза, диабет, глюкометр.*

*The article deals with the causes of such diseases as diabetes, as well as methods and means of control of blood glucose.*

*Keywords: diabetes, glucose, diabetes, blood glucose meter.*

Прогрес медичних технологій привів до створення портативних систем контролю вмісту глюкози (СКВГ, глюкометрів), які почали використовуватися не тільки хворими на діабет для домашнього самоконтролю рівня глюкози, але і в офісах лікарів загальної практики, поліклініках, відділеннях ендокринології лікувальних установ. У зв'язку з цим гостро постало питання про істинність і порівняння даних, одержуваних за допомогою СКВГ і референтних лабораторних методів дослідження глюкози, про спектр завдань, для вирішення яких можуть бути залучені портативні СКВГ.

До теперішнього часу фахівцями Американської асоціації діабетологів, Національних асоціацій ряду інших країн, а також фахівцями Асоціацій з клінічної лабораторної діагностики, сформовано таку думку: портативні глюкометри з тест-смужками можуть застосовуватися для встановлення факту гіперглікемії, важкої гіпоглікемії, а також для моніторингу вмісту глюкози в крові пацієнтів з встановленим діагнозом діабету. Для первинної діагностики, відстеження ступеня гіпоглікемічних станів і корекції терапії повинні застосовуватися зарекомендували себе еталонні лабораторні методи.

Пояснюється це тим, що вченими різних країн були проведені дослідження, які дозволили їм зробити наступний висновок: відхилення даних СКВГ від лабораторного значення становить від 2% до 30%. Відмінності результатів можуть пояснюватися неоднаковістю принципів роботи СКВГ, їх калібрувань, різною чутливістю тест-смужок і т.д.

Разом з тим діабетологи відзначають важливість появи і широкого розповсюдження СКВГ серед хворих, що страждають на цукровий діабет, тому що пацієнти, які володіють таким приладом, активно залучені в лікувальний процес, щодня можуть контролювати його результати, розширюють