

## ВРАХУВАННЯ КРИТЕРІЇВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХПРОЦЕСІВ

*С.С.Ковальчук, О.В.Мазурець, Л.П.Рибак*

Хмельницький національний університет

*В статті проводиться аналіз взаємозв'язків контурів заготовки, ріжучої кромки інструменту та способу подачі з метою збільшення періоду експлуатації ріжучого інструменту й запобігання передчасного виходу інструменту з ладу шляхом автоматизованого синтезу оптимальних варіантів технооперацій засобами САПР ТП.*

*В статье проводится анализ взаимосвязи контуров заготовки, режущей кромки инструмента и способа подачи с целью увеличения сроков эксплуатации резального инструмента и избегания преждевременного выхода из строя инструмента путем автоматизированного синтеза оптимальных вариантов технологических операций средствами САПР ТП.*

*In article it is carried the analysis of interrelation of contours of the details, cutting edge of the instruments and a way of submission with the purpose of increase in terms of usages of the cutting instrument and avoiding of premature failure of the instrument by way of the automatic syntheses of optimum variants of technological operations by means CAD TP.*

Визначною тенденцією сучасного машинобудування є висока швидкість оновлення виробів та зменшення їх серійності. Оскільки технологічна підготовка виробництва займає достатньо великий об'єм часу в циклі випуску виробів, то актуальною є проблема скорочення її строків. Один із шляхів вирішення даної проблеми – використання систем автоматизації проектування (САПР). САПР технологічного проектування (САПР ТП), що є складовою технологічної підготовки виробництва, забезпечує скорочення строків та трудомісткості розробки технологічних процесів.

Першочерговим завданням САПР ТП є синтез техпроцесів (ТП) і їх аналіз з метою визначення оптимального. Існує цілий ряд варіантів критеріїв оптимальності ТП [1, 2, 3], але при аналізі безперечною є умова домінування одного з них [4]. Така ситуація призводить до нехтування другорядними факторами, а відповідно ігнорується їх вплив на основний критерій оптимізації. Отже, визначення особливостей складових техпроцесу й характеру зв'язків і відношень між ними є невід'ємною складовою системного підходу до оптимізації проектування ТП.

В якості основного критерію оптимізації техпроцесів найбільш доцільне використання впливу складових ТП на зміну загальної собівартості техпроцесу, оскільки саме вона є визначальною при оцінці ефективності його вибору. Інші критерії (наприклад, прибуток, якість, час виготовлення) є обов'язковими вимогами, первісними або похідними факторами. З точки зору комплексного підходу найбільш ефективним є метод мультикоєфіцієнтної оптимізації проектування технологічних процесів [5], що оперує факторами, які впливають на елементи техпроцесу, і зв'язками між факторами у вигляді коефіцієнтів, що виражають їхній вплив на загальну собівартість ТП. Для визначення техпроцесу з найменшою собівартістю, формується граф технологічного процесу, гілки якого являють собою всі можливі варіанти ТП, будується відповідна графу сітка коефіцієнтів і проводиться оцінка.

Виділено два загальних типи коефіцієнтів: функціональні, що виражають вплив певних факторів на кінцеву собівартість виробу, й вагові, які служать вказівником для визначення сили впливу функціональних коефіцієнтів на загальний результат. Таким чином, вплив кожного фактора визначається через добуток відповідних функціонального і вагового коефіцієнтів [5].

Функціонально собівартість ТП складається з наступних основних компонентів:

1. собівартість заготовки;
2. витрати по прямій заробітній платі;
3. амортизаційні відрахування, що приходяться на операцію та витрати на оснащення;
4. витрати на ремонт устаткування, віднесені до однієї операції;
5. витрати на електроенергію;
6. витрати на налагодження верстата для виконання операції.

Вагома частина амортизаційних відрахувань відноситься до витрат на оброблювальний інструмент. *Важливою особливістю цих витрат є можливість їх зменшення шляхом корекції ряду елементів ТП без його структурної зміни, тобто без збільшення витрат на інші елементи техпроцесу.*

З метою аналізу можливостей зменшення витрат на оброблювальний інструмент проведено аналіз шляхів підвищення його стійкості, розглядаючи найбільш застосовну техоперацію – точіння. Основним критерієм стійкості є зношування інструменту, яке в свою чергу визначається складним взаємозв'язком між інструментальним матеріалом і процесом обробки, а також навантаженням по ріжучій кромці.

Специфіка процесу обробки обумовлює змінні умови врізання й змінне навантаження на ріжучу кромку, оскільки геометричний, кінематичний і динамічний впливи поперечного перерізу стружки (глибина різання й подача) змінюються в часі. Взаємозв'язок між певним критичним навантаженням і механізмом зношування ріжучого інструменту дотепер остаточно не виявлений. На практиці зношування й викришування ріжучої кромки залежать від наступних основних факторів:

- геометричних параметрів ріжучого інструменту та заготовки на відповідних стадіях ТП;
- методу врізання й виходу інструмента (при точінні по зливній чи штамповочній корці або при фасонному точінні);
- режимів різання.

Стійкість ріжучого інструменту можна оптимізувати в певних межах шляхом узгодження факторів процесу обробки й властивостей ріжучого інструменту, що впливають на зношування. Метою подібної оптимізації є забезпечення надійного процесу різання протягом усього періоду стійкості, що може бути досягнуте шляхом планування умов обробки чи безперервних контролю й керування за допомогою моделювання процесу обробки.

Властивості заготовок, а саме метод їх виготовлення, форма й матеріал, істотно впливають на стійкість ріжучого інструменту. Це пов'язане з відхиленням дійсної форми заготовки від теоретичної, з невірним її закріпленням, з неоднорідністю структури й властивостей поверхневого шару. Крім того, навантаження на ріжучу кромку в момент врізання стає невизначальним й неконтролюємим. Однак, забезпечуючи розрахункові умови при врізанні й виході інструменту за рахунок зняття фаски, зменшення подачі й правильного вибору глибини різання, можна компенсувати негативний вплив властивостей заготовки на стійкість, запобігти передчасного виходу інструменту з ладу.

Точіння характеризується тим, що при зрізанні поверхневого шару ріжуча кромка працює в жорстко визначених умовах різання. Процес точіння можна розділити на наступні *три фази*:

- врізання з збільшуючимся перетином зрізу;
- квазістабільне різання з постійним перетином зрізу;
- вихід із зменшуючимся перетином зрізу.

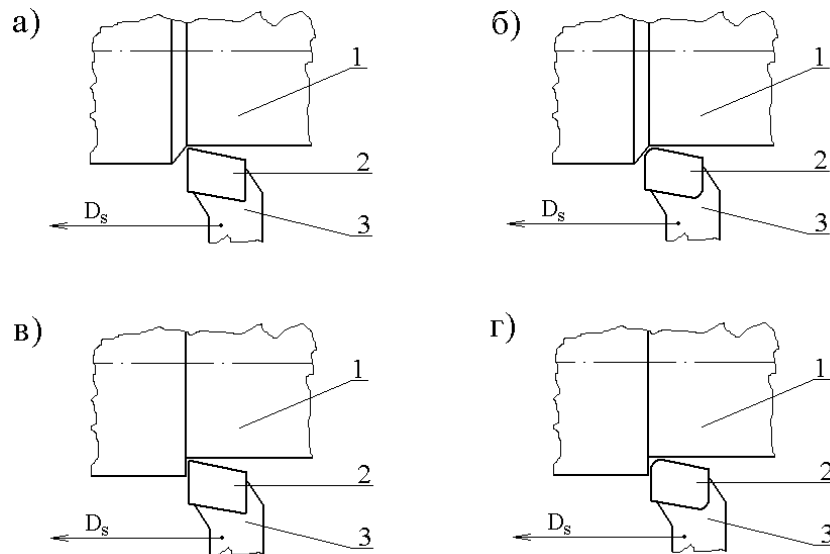
Миттєвий перетин зрізу визначається миттєвими значеннями глибини різання й подачі (або ширини й товщини зрізу). Миттєва глибина різання являє собою різницю радіусів відповідних точок контуру заготовки й траєкторії ріжучої кромки, що перебуває в контакті з оброблюваною заготовкою. Миттєва подача визначається видом операції різання й методом подачі інструмента. Миттєва сила різання, що залежить від ширини й товщини зрізу, являє собою суму середньої статичної сили й деякої динамічної складової.

Метод різання характеризується геометрією й кінематикою врізання та виходу інструмента зі змінними умовами різання, а також способом подачі інструменту. Контури заготовки й ріжучої кромки і спосіб подачі визначають особливості різних варіантів врізання й виходу. Характер врізання визначається також видом контакту контурів заготовки й ріжучої кромки.

Можливі наступні види контактів:

- точковий контакт радіусної ділянки ріжучої кромки;
- лінійний контакт головної ріжучої кромки;
- точковий контакт головної ріжучої кромки.

Так, на Рисунку 1 наведено схеми контактів контуру заготовки й ріжучої кромки, для заготовок із прямим і кутовим контуром та різцем із прямим і радіальним профілем.



1) заготовка; 2) ріжуча пластина; 3) різцетримач.

Рисунок 1. Приклади варіантів врізання

Характерною рисою різноманітних контактів заготовки й ріжучої кромки є унікальні (властиві тільки відповідним схемам контакту) розподіли навантаження на ріжучій кромці у часі. Зміна навантаження на ріжучій кромці прямо пропорційна об'єму знімаемого з заготовки матеріалу (стружки), причому інтенсивність зростання навантаження більш виражена, ніж інтенсивність зростання об'єму знімаемого матеріалу. Відповідно, різкі зростання об'єму знімаемого з заготовки матеріалу свідчать про виникнення критичних навантажень на ріжучий інструмент. Тому у наведеному прикладі (Рис.1), виходячи із графіків (Рис.2) зміни об'єму знімаемого з заготовки матеріалу (виміряно для заготовки  $D=100\text{мм}$ , із якої знімається шар  $2,5\text{мм}$  до  $d=95\text{мм}$  при подачі на оберт  $S_0=0,2\text{мм/об}$ ), варіанти *a* і *б* є найбільш прийнятними з точки зору стійкості ріжучого інструменту, *г* має меншу ступінь прийнятності, варіант *в* ж містить небезпечні перепади навантаження на ріжучий інструмент під час врізання. Отже, аналіз взаємозв'язків контурів заготовки, ріжучої кромки та способу подачі мають суттєве значення в процесі розробки технологічного процесу, оскільки автоматизований синтез прийнятних варіантів врізання дозволяє збільшити період експлуатації ріжучого інструменту й запобігти передчасного виходу інструменту з ладу, а відтак – зменшити собівартість оброблюваної деталі.

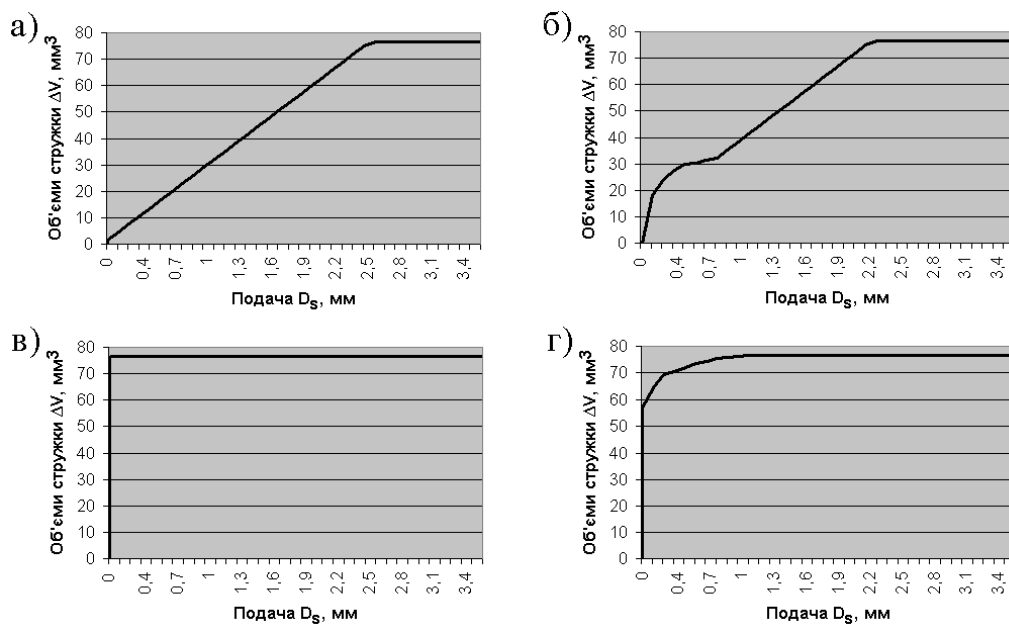


Рисунок 2. Об'єм знімаємого матеріалу при врізанні

З аналогічною метою доцільне проведення й автоматизованого аналізу виходу ріжучого інструменту (квазістабільне різання характеризується постійним перетином зрізу й рівномірними навантаженнями на ріжучій кромці, тому його аналіз зводиться до оцінки загальних параметрів технооперації).

Розрізняють наступні види виходу ріжучого інструменту:

- вільний вихід ( $0^\circ$ ), коли ріжуча кромка виходить із контакту з оброблюваною заготовкою без зміни напрямку подачі (точіння напрохід);
- вихід з відводом інструмента ( $90^\circ$  або під вільним кутом) – точіння до буртика за один або кілька проходів.

При виході інструмента під кутом  $45^\circ$  до напрямку поздовжньої подачі поперечний переріз зрізу безупинно зменшується, а при виході інструмента за рахунок поперечної подачі перетин зрізу зменшується до нуля за один оборот заготовки.

При обробці валів і деталей із фланцями шлях різання, як правило, становить 25...150 м, тобто час різання за один прохід відповідно становить від 2,5 до 15 с. Час різання й виходу можна задавати в межах від 0,1 до 0,4 с [6].

Таким чином, при аналізі варіантів спроектованих техпроцесів існує можливість корекції їх вищевказаних параметрів з метою подовження періоду стійкості й запобігання критичних для ріжучого інструменту технологічних ситуацій. Така корекція елементів ТП не вимагає його структурної зміни, тобто не вимагає зміни інших елементів техпроцесу. В разі неможливості застосування оптимізаційної корекції або локальної безальтернативності критичних ситуацій, при проектуванні ТП доцільна зміна відповідних вагових коефіцієнтів пропорціонально імовірному зменшенню періоду стійкості. Перелік критичних ситуацій є скінченним, а тому можливе визначення їх впливу на період стійкості інструменту на основі методу експертних оцінок. При корекції параметрів операції точіння характер збільшення й зменшення сили різання й температури, а також співвідношення часу квазістабільного й нестабільного (врізання та вихід) різання повинні вибиратися з урахуванням крихкості ріжучого інструменту й його чутливості до ударних навантажень. При аналізі навантаження за період стійкості варто враховувати не тільки змінне навантаження при кожному проході, але й частоту проходів, що також впливає на стійкість.

Іншим вагомим методом підвищення функціональних можливостей САПР ТП є ведення історії інструменту з метою визначення й автоматичного включення до документації ТП рекомендаційних моментів його заміни після стікання проектного строку його роботи. При цьому в якості фіксуючого параметру доцільне використання часової позиції відповідно

до графіку стійкості ріжучого інструменту, зміна якої визначається шляхом врахування запланованого в рамках операцій техпроцесу зносу.

Отже, з метою оптимізації алгоритмів автоматизованої розробки технологічних процесів проведено структурний аналіз складових процесу точіння. Доведено, що використання системами САПР ТП технологій збільшення періоду стійкості ріжучого інструменту дозволяє зменшити собівартість оброблюваної деталі, уникаючи структурної зміни техпроцесу. Наукова та практична цінність результатів роботи надає підставу для перспективного розвитку та застосування технології в системах автоматизації технологічного проектування.

#### Література:

1. Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов в САПР ТП // Учебное пособие. – Брянск, 1987. – С.68.
2. Мішура Е.В. Комплексный подход в оптимизации технологических операций механообработки на основе использования нейросетевых технологий // Сборник докладов Международной научной конференции "НСТИП". Краматорск, 2005. – С.83-87.
3. Лапа М.В. Методы формального представления технологических знаний с использованием нечетких множеств // Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – Севастополь: СНИЯЭиП, 2003, №7. – С.231-236.
4. Захаров М.В., Чибирик Я.И., Яременко В.П., Бей Р.В. Моделирование та оптимізація виробничої та експлуатаційної технологічності машин: Навчальний посібник.- Суми: СНАУ. - 2001. – С.34.
5. Ковальчук С.С., Рибак Л.П., Мазурець О.В. Метод мультикоефіцієнтної оптимізації проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин засобами нейромережових алгоритмів // Сборник докладов Международной научной конференции "Нейросетевые технологии и их применение". Краматорск – 2006. – С.26-37.
6. Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Серия 2. Экспресс-информация. Зарубежный опыт, вып.7. Москва – 1987. – С.15.