

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

**ТАТАРИН ЯРОСЛАВ ВІКТОРОВИЧ**

**УДК 621.95.02: 004.942**

**Оптимізація вибору альтернатив комбінованого осьового різального  
інструменту**

Спеціальність 8.05050302 – інструментальне виробництво

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
магістр**

**Київ – 2014**

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Пасічник Віталій Анатолієвич**  
Національний технічний університет України «КПІ»,  
м. Київ, професор кафедри інтегрованих технологій  
машинобудування імені П.Р. Родіна

**Рецензент** кандидат технічних наук, ст. наук. співр.  
**Стахнів Микола Євстафіївч**  
ІНМ НАН України, м. Київ,  
Старший науковий співробітник ІНМ НАН України

**Консультант з  
економічних питань**

**Консультант з  
охорони праці та  
техніки безпеки** кандидат технічних наук, доцент  
**Фоменко Ігор Олександрович**  
Національний технічний університет України «КПІ»,  
м. Київ, доцент кафедри охорони праці, промислової  
та цивільної безпеки

Захист відбудеться „16”червня 2014 року о 10 годині на засіданні ДЕК  
кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ  
«КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к.615-22

З дисертацією можна ознайомитись на кафедрі інтегрованих технологій  
машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ,  
вул. Борщагівська 115, к.611

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність досліджень** В технологічному підготовленні виробництва (ТПВ) одну із важливих задач становить вибір методів механічного оброблення конструктивних елементів деталей та вибір відповідного інструментального забезпечення, що може забезпечити вихідні параметри якості виробу за умови мінімальних сумарних витрат. Зокрема вибір типу конструкції інструментального забезпечення, його матеріал, геометричні параметри різальної частини, режими оброблення мають відбуватися автоматизовано на відповідному етапі проектування а також базуватися на технічній та економічній доцільності та задовольняти критерії оптимальності відповідних рішень.

Проблему підвищення продуктивності механічного оброблення в автоматизованому виробництві можна вирішувати в тому числі за рахунок концентрації технологічних операцій та переходів, що стає можливим за рахунок застосування комбінованого різального інструменту. Використання комбінованого різального інструменту (PI) дозволяє скоротити в першу чергу допоміжний час, час на заміну і налагодження інструменту і тим самим знизити загальну собівартість виробу. Визначено, що використання комбінованих осьових інструментів дозволяє підвищити технологічну та циклову інтенсивність формоутворення, що підвищує ефективність їх застосування для оброблення отворів на верстатах із ЧПК дозволяє шляхом зниження часу циклу роботи верстата за керуючою програмою. Крім того, незважаючи на підвищення складності виготовлення та експлуатації комбінованого інструменту, вартість виготовлення такого інструменту може бути нижчою від вартості окремих різальних інструментів для оброблення в межах даної технологічної операції.

Проте ефективність використання комбінованого інструмента знижується через вагомому перешкоду – відсутність надійних рекомендацій щодо режиму різання. Нажаль, довідники, каталоги та інша література дають змогу або вибрати рекомендовані режими оброблення або надають розрахункові формули для найбільш розповсюдженого не комбінованого інструменту. Знайти рекомендації що до його використання досить складно. Зазначимо, що недостатньо розрахувати режим для кожної частини окремо, адже дві й більше частин такого інструменту працюють в різних умовах, проте реалізуються одним, що накладає обмеження на подачі та частоти обертання.

Тому досить важливим завданням є саме розробка ефективної методики призначення параметрів режиму різання для комбінованого осьового інструменту, адже це є ключовим фактором на шляху підвищення економічної та технологічної ефективності виробництва за рахунок використання комбінованого інструменту (KI).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» у відповідності з д/б темою №2644П «Інформаційна система проектування спіральних свердел» тематичного плану науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

**Мета і задачі дослідження:** Мета роботи полягає у підвищенні ефективності оброблення отворів шляхом розробки ефективної методики оптимізації параметрів режиму різання для осьового комбінованого інструменту.

Для досягнення мети було поставлено **наступні задачі:**

1. Проаналізувати існуючі методики та рекомендації що до вибору осьового KI та призначенню режимів різання для нього.
2. Виділити основні характеристики отворів.

3. Розробити алгоритм вибору інструменту для комбінованого отвору.
4. Розробити методику синтезу осьового комбінованого інструменту з множини інструментального забезпечення конкретно заданого отвору.
5. Створити методику для розрахунку та оптимізації режимів різання для осьового комбінованого інструменту.
6. На базі розроблених методик створити програмний комплекс розрахунку та оптимізації режимів різання.

**Об'єкт дослідження** – застосування осьового комбінованого різального інструменту для оброблення отворів.

**Предмет дослідження** – підвищення ефективності оброблення отворів комбінованим різальним інструментом.

**Методи дослідження.** Виконані дослідження базуються на методах теорій проектування різальних інструментів, методах та підходах до вибору різальних інструментів та методиках призначення параметрів режиму різання для осьового інструменту.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Розроблена методика синтезу набору інструментального забезпечення для комбінованого отвору. Розроблена методика синтезу комбінованого осьового інструменту для заданого отвору виходячи з набору інструментального забезпечення. Створено методику розрахунку та оптимізації параметрів режиму різання для осьового комбінованого інструменту. На основі розробленої системи методики розроблено програмний комплекс розрахунку та оптимізації режимів різання для осьового різального інструменту.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані методики синтезу набору інструментального забезпечення, синтезу комбінованого інструменту, розрахунку та оптимізації режимів різання для комбінованого осьового інструменту та програмне забезпечення на їх основі дозволяють значно скоротити час на підготовку виробництва та робочий час, тим самим підвищуючи ефективність виробництва.

**Публікації та доповіді на конференціях.** По темі магістерської дисертації опубліковано 3 друковані роботи, з них 1 стаття у фаховому виданні України та 2 тези доповідей.

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 33 найменувань. Основний текст дисертації викладено на 104 стор. Повний обсяг становить 137 стор.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження і задачі, які автор розв'язує у роботі.

У **першому розділі** проаналізовані сучасні методи вибору осьового різального інструменту. Розглянуто різні види існуючого осьового різального інструменту, проаналізовано методики призначення режимів різання для

нього. Розглянуто деякі методи оптимізації режимів різання, зокрема виділено підхід з корегуванням періоду стійкості як перспективний.

У **другому розділі** розроблено методики синтезу осьового різального інструменту для обробки комбінованих отворів. Створено графічну схему (рис. 1) та алгоритм, використання яких дозволяє синтезувати можливі варіанти послідовностей обробки заданої поверхні. Розроблено методику синтезу набору інструментального забезпечення для заданого комбінованого отвору та алгоритм на основі цієї методики. Проведено практичну перевірку дієвості методик на основі деталі «Кришка».

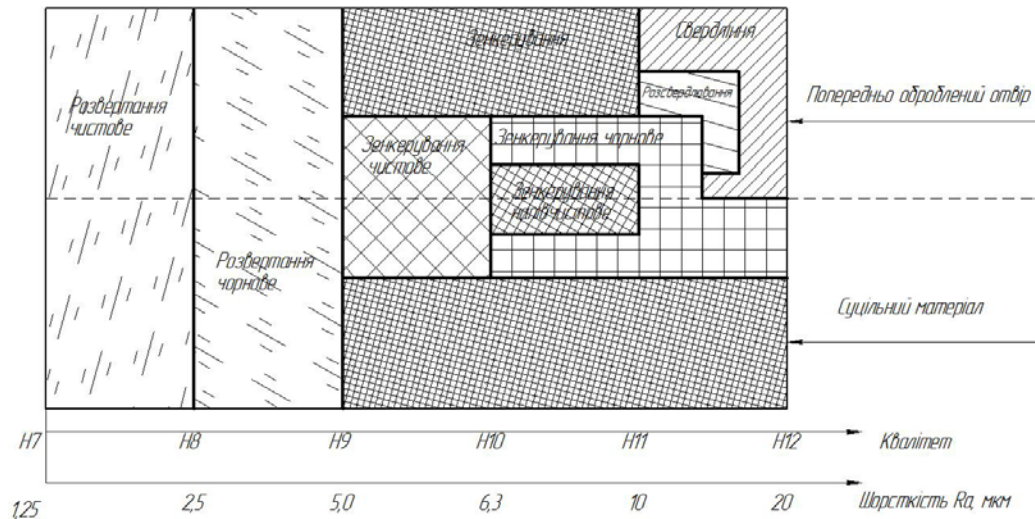


Рисунок 1 – Схема вибору послідовності обробки

Розроблено методику синтезу комбінованого осьового інструменту, виходячи з заданих параметрів отвору та початкового набору інструментального забезпечення для нього. Проаналізовано сумісність елементів в комбінованому інструменті. Запропоновано граф та матрицю, що виражають комбінативність елементів (рис. 2, а, б).

	S	Z	R	M	Zk
S	1	1	1	1	1
Z	0	1	1	1	1
R	0	0	1	1	1
M	0	0	0	1	1
Zk	0	0	0	0	0

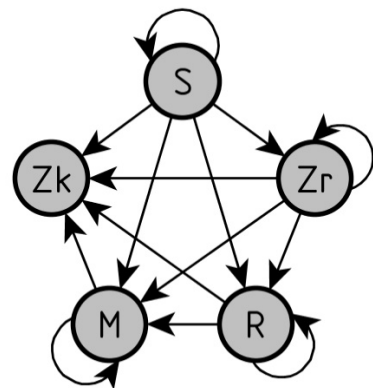


Рисунок 2 – Комбінації елементарних різальних інструментів:  
а) матриця; б) граф

У **третьому розділі** розроблено методику розрахунку режимів різання для комбінованого осьового різального інструменту та їх оптимізація на основі регулювання параметру стійкості інструменту. Запропоновано

алгоритм розрахунку режимів різання для комбінованого інструменту. В ході досліджень виявлено розбіжність значень крутного моменту при зенкеруванні, отриманих за двома різними формулами. Проведено експериментальне дослідження крутного моменту та виявлено відхилення розрахункових значень від експериментально отриманих результатів.

Розроблено програмне забезпечення на основі методики синтезу послідовностей обробки (рис. 3)

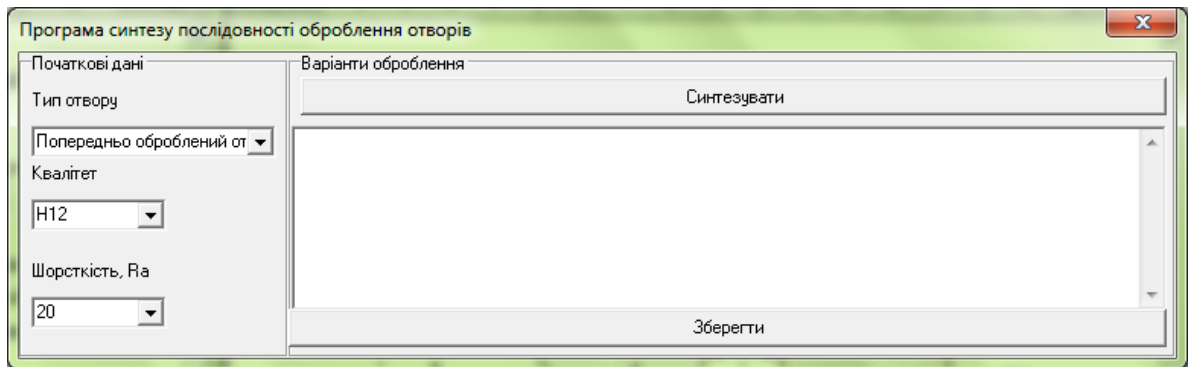


Рисунок 3 – Програма синтезу послідовностей обробки

Розроблено програмне забезпечення для розрахунку та оптимізації режимів різання комбінованого осьового інструменту (рис. 4)

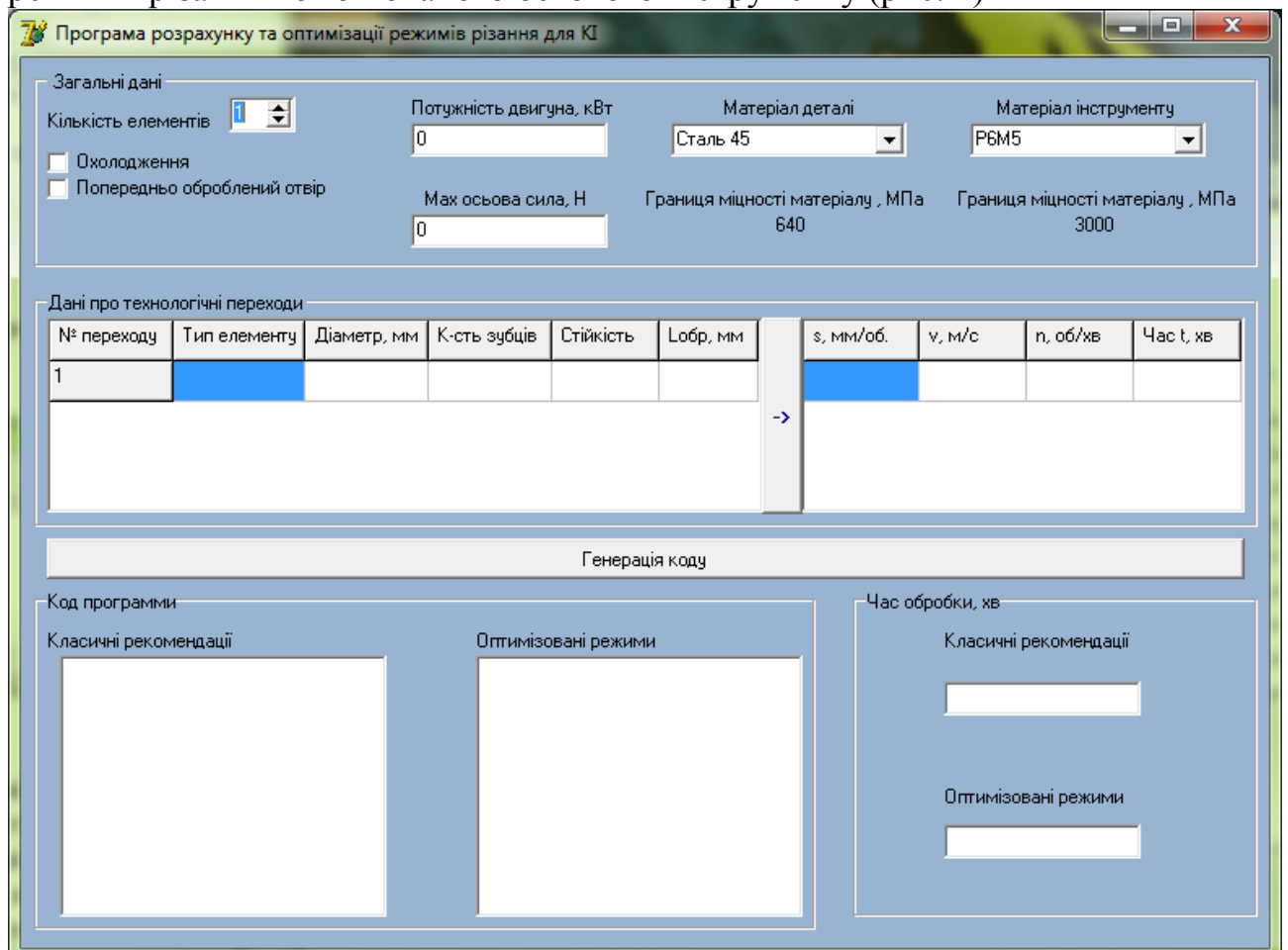


Рисунок 4 – Програма розрахунку та оптимізації режимів різання осьового КІ

В результаті проведеного аналізу підтверджено, що за розробленою методикою можна розрахувати режими різання інструменту при обробці ступінчатих отворів та оптимізувати їх для комбінованого інструменту. Відповідно, методика є дієвою і може бути використана на практиці. Як результат, за допомогою створених методів та алгоритмів можна досягти приросту ефективності виробництва за рахунок скорочення основного часу оброблення.

У **четвертому розділі** приведена методика виявлення та аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, діючих при роботі в робочому приміщенні розглянуті загальні вимоги щодо використання комп'ютерів в приміщеннях. Розроблені рекомендації для збереження здоров'я оператора ПК, наведені можливі фактори ураження та методи запобігання їм. Розроблені заходи щодо зниження можливої дії шкідливих і усуненню небезпечних чинників при роботі за ПК. Детально розглянуті норми щодо організації робочого місця, його освітлення, мікроклімату, тощо.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що проблему підвищення продуктивності механічного оброблення в автоматизованому виробництві можна вирішувати за рахунок концентрації технологічних операцій та переходів та за рахунок застосування комбінованого різального інструменту, що дозволяє скоротити в першу чергу допоміжний час, час на заміну і налагодження інструменту і тим самим знизити загальну собівартість виробу. Використання комбінованих осьових інструментів дозволяє підвищити технологічну та циклову інтенсивність формоутворення, що підвищує ефективність їх застосування для оброблення отворів на верстатах із ЧПК дозволяє шляхом зниження часу циклу роботи верстата за керуючою програмою.  
Ефективність використання комбінованого інструмента знижується через вагому перешкоду – відсутність надійних рекомендацій щодо режиму різання.  
Важливим завданням є саме розробка ефективної методики призначення параметрів режиму різання для комбінованого осьового інструменту.
2. На даний момент, за період стійкості комбінованого різального інструменту приймається період найменший з періодів стійкості окремих елементів, що не є вірним, тому що кожна ступень КІ працює на різному проміжку часу. Відповідно, регулювання загального періоду стійкості комбінованого різального інструменту в залежності від часу роботи окремої ступені та її періоду стійкості являє собою перспективний напрямок розвитку в оптимізації режимів різання для осьового КІ.

3. Розроблена методика синтезу варіантів інструментального забезпечення оброблення комбінованих отворів, яка передбачає виділення елементарних поверхонь такого отвору, аналізу вимог до якості, точності та наступний синтез всіх припустимих варіантів інструментального забезпечення для цих умов.
4. Комбінаторний аналіз варіантів інструментального забезпечення для оброблення комбінованих отворів дозволяє формально виявити всі можливі комбінації різального інструменту.
5. Перевірка цих деталей на прикладі деталі «Кришка» підтвердила наявність великої кількості альтернатив інструментального забезпечення та можливість їх автоматизованого виявлення.
6. Удосконалена методика розрахунку та оптимізації режимів різання для комбінованого осьового різального інструменту дозволяє виявляти додаткові резерви підвищення ефективності оброблення комбінованих отворів.
7. Експериментально встановлено більшу відповідність розрахунку крутного моменту для зенкеруванні за методикою [4]. Розбіжність в даному випадку не перевищує 30%. В той же час, методика [16] має розбіжність близько 95%.
8. Розроблене нове програмне забезпечення для синтезу послідовності оброблення отвору дозволяє повністю автоматично виявляти всі варіанти таких послідовностей.
9. Розроблене нове програмне забезпечення для розрахунку та оптимізації режимів різання дозволяє не тільки отримати числові значення параметрів режиму різання, а й автоматично синтезувати удосконалені цикли обробки комбінованих отворів на верстатах з ЧПК в G-кодах. Для деяких випадків приріст продуктивності без втрат стійкості та витрат на різальний інструмент сягає 2-х разів.

### **СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЯХ**

1. Підвищення ефективності застосування комбінованого осьового інструменту на верстатах з ЧПК [Текст] / В.М. Юхимчук, В.А. Пасічник, Татарин Я.В. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ. – № 32. – 2013. – С. 49-54.
2. Пасічник В.А. Шляхи підвищення ефективності оброблення комбінованих отворів на верстатах з ЧПК за рахунок оптимізації режимів різання [Текст] / Пасічник В.А, Татарин Я.В. // Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена дню Науки.–К., 2013. – С.75;
3. Пасічник В.А. Оптимізація вибору альтернатив комбінованого осьового різального інструменту [Текст] / Пасічник В.А., Татарин Я.В. //



Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена дню Науки.–К., 2014. – С.93;

## АНОТАЦІЯ

### **Татарин Я.В. Оптимізація вибору альтернатив комбінованого осьового різального інструменту**

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 8.05050302 – інструментальне виробництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – Київ, 2014

На основі аналізу сучасних методів та рекомендацій створено методику синтезу послідовностей обробки, синтезу інструментального забезпечення та методику синтезу комбінованого осьового інструменту для обробки заданого отвору. Розроблено методику розрахунку та оптимізації режимів різання комбінованого осьового різального інструменту шляхом регулювання параметру стійкості. Виконано практичну перевірку дієвості методик.

Проведено експериментальне дослідження з визначення крутного моменту при зенкеруванні.

На основі розроблених методик створено програмне забезпечення синтезу послідовностей обробки та розрахунку і оптимізації режимів різання комбінованого інструменту.

**Ключові слова.** Синтез, комбінований осьовий різальний інструмент, отвір, режими різання, оптимізація, стійкість різального інструменту.

## АННОТАЦИЯ

### **Татарин Я.В. Оптимизация выбора альтернатив комбинированного осевого режущего инструмента**

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 8.05050302 – инструментальное производство. – Национальный технический университет Украины „Киевский политехнический институт. – Киев, 2014

На основе анализа современных методов и рекомендаций создана методика синтеза последовательностей обработки, синтеза инструментального обеспечения и методика синтеза комбинированного осевого инструмента для обработки заданного отверстия. Разработана методика расчета и оптимизации режимов резания комбинированного осевого режущего инструмента путем регулирования параметра стойкости. Выполнено практическую проверку действенности методик.

Проведено экспериментальное исследование по определению крутящего момента при зенкерованиях.

На основе разработанных методик создано программное обеспечение

синтеза последовательностей обработки и расчета и оптимизации режимов резания комбинированного инструмента.

**Ключевые слова.** Синтез, комбинированный осевой режущий инструмент, отверстие, режимы резания, оптимизация, стойкость режущего инструмента.

## ANNOTATION

### **Tataryn Iaroslav Optimizing the selection of alternatives combined axial cutting tool**

MSc thesis by specialty 8.05050302 – Tool Production. – National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. – Kyiv, 2014

Designed procedure for the synthesis of sequences of processing, based on the analysis of current practices and guidelines. Created technique of synthesis of tool set and technique of synthesis of combined tool. Designed method for calculation and optimization of cutting parameters of combined axial cutting tool by adjusting the tool-life parameter.

Conducted practical test of the effectiveness of created techniques.

An experimental study to determine the torque reaming.

Created software for synthesis of processing sequences. Developed software for calculation and optimization of cutting parameters of combined axial cutting tool, based on the developed techniques.

**Key words.** Synthesis, combined axial cutting tool, hole cutting conditions optimization, tool-life parameter.