

– екологічна безпека використання ОСВ як органо-мінеральних добрив суттєво підвищиться за умови дотримання технологічного регламенту компостування та вдосконалення технології видалення солей важких металів зі стічних вод.

## Список літератури

1. Технологічні та агроекологічні нормативи використання осадів стічних вод міських очисних споруд у сільському господарстві : КНД 33-3.3-02-99. – К. : Аграрна наука, 2000. – 38 с.
2. Нездойминов, В. И. Миграция ионов тяжелых металлов при использовании осадков городских сточных вод в качестве удобрения / В. И. Нездойминов, О. А. Чернышева // Вісник Донбаської нац. академії будівництв та архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 2010–2(82) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 150–157.
3. Утилизация осадка сточных вод методом экологической биотехнологии / Г. Н. Ганин, К. В. Домнин, Е. Е. Архипова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 6 (часть 2). – С. 66–70.
4. Добриво з осадів стічних вод : ТУ 204 України 76 -93 / Держ. Комітет України з житл. - комун. господарства.- Харків, 1994. - С. 16.
5. Ковальов М.М. Використання осадів стічних вод як органічного добрива та шляхи мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище /М.М. Ковальов, Н.П. Супрягіна, О.В. Медведєва // Наукові записки. Вип.13. – Кіровоград: КНТУ, 2013. С. 43 – 45.
6. Матвеева И.В., Дрозд Г.Я. Дифференцированный подход к утилизации накопления осадков сточных вод// Вісник Харківської академії комунального господарства.-Харків: ХНАМГ, 2003.- №51.-С.106-111.

УДК 004.942:621.95.02

**А.В. Баленко, студ., В.М Юхимчук, асп.**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

## Формалізація опису осьового різального інструменту

У статті представлено формалізацію опису осьового різального інструменту та оброблюваних отворів за їх основними ознаками, запропоновано систему математичного опису осьового різального інструменту та оброблюваних отворів у вигляді кодового запису. Розроблену систему математичного опису покладено в основу програмного забезпечення, використання якого дасть змогу порівнювати між собою конструктивні особливості осьового інструменту різних фірм-виробників, що в свою чергу призведе до скорочення часу на підбір осьового різального інструменту з усього спектру існуючого тим самим зменшуючи трудомісткість обробки отворів.

**САПР, осьовий різальний інструмент, отвір, система математичного опису інструменту**

Сучасне машинобудування характеризується постійним збільшенням кількості різноманітних технічних систем і об'єму інформації, а також скороченням строків створення нових деталей машин та різноманітних пристроїв. Це, в свою чергу, призводить до прискорення морального старіння останніх і, як наслідок, вимагає

зростання темпів проектних та конструкторських робіт [1]. Безперервне ускладнення конструкцій машин, підвищення вимог до якості виготовлення зумовлює високі строки виробничо-технологічного циклу виробництва машин. Відмічається зростання трудомісткості і тривалості проведення саме проектних робіт, в порівнянні з безпосереднім виробництвом деталей. *Технологічне підготовлення виробництва* (ТПВ) випуску нових виробів є важливим й відповідальним етапом життєвого циклу виготовлення виробів [2]. Прагнення до зменшення строків виготовлення виробів, а саме до скорочення часу на ТПВ, вимагає проектувальників активно застосовувати засоби автоматизації проектних робіт.

Важливою складовою ТПВ є вирішення низки задач інструментального забезпечення. На сучасному етапі розвитку машинобудування при виборі того чи іншого інструменту звертають увагу не тільки на підбор його оптимальної конструкції при обробці того чи іншого матеріалу, але й на час, що затрачається на підбор цього інструменту.

Відомо, що трудомісткість обробки отворів по відношенню від загальної трудомісткості обробки деталей складає приблизно 40% [3]. На ефективність технології суттєвий вплив має вирішення задач інструментального забезпечення їх оброблення. Тому актуальними є розробки методів та систем автоматизованого вибору інструменту, а основною метою повинна бути найвища ефективність технології.

Багато фірм–виробників сучасного осьового різального інструменту дозволяють автоматизувати вибір оптимального різального інструменту за основними вимогами до оброблюваного отвору, користуючись відповідними каталогами інструменту, рекомендаціями щодо вибору та спеціальними програмними продуктами. Однак, у більшості випадків, запропоновані методи є не універсальними, розробленими для вибору інструменту із номенклатури тільки однієї фірми–виробника, що не дає змогу користувачу зробити адекватний вибір різального інструменту з усього спектру можливих варіантів.

Тому, якщо ставити за мету зменшення трудомісткості обробки отворів, що є надзвичайно важливим через поширеність їх у конструкціях різноманітних виробів, шляхом мінімізації часу, витраченого на підбір оптимального інструменту, необхідно мати змогу порівнювати однотипний осьовий різальний інструмент, не зважаючи на фірму, яка його виготовляє. Реалізація цієї можливості полягає в створенні уніфікованої системи опису інструменту та оброблюваних поверхонь отворів, яка б дозволила формалізувати вибір осьового різального інструменту з усього наявного на виробництві спектру.

Сучасні підходи до автоматизації вибору осьового різального інструменту

На сьогоднішній день вирішенням проблеми автоматизації вибору осьового різального інструменту займається велика кількість підприємств. Існує безліч програмних комплексів, баз даних інструменту які дозволяють значно скоротити трудомісткість вибору осьового різального інструменту для обробки отворів. Основними з них є: програмний комплекс SANDVIK COROGUIDE (дає можливість пошуку інструменту із усього асортименту продукції Sandvik Coromant, в системі присутня можливість безпосередньо розраховувати рекомендовані режими різання для токарної, фрезерної обробки та обробки отворів) [4]; програмний комплекс ISCAR ELECTRONIC CATALOG (представляє собою електронну версію каталогу інструмента, що дозволяє вибрати інструмент для точіння, нарізання різьби, фрезерування, розточування, розверстування, свердління тощо) [5]; програмний комплекс ISCAR TOOL ADVISOR (розроблено для підбору різального інструменту для таких операцій, як фрезерування, токарна обробка та обробка отворів) [6]; програмний

комплекс OMEGA PRODUCTION (реалізована можливість поетапного вибору токарного, фрезерного, осьового або різьбонарізного інструменту) [7].

Однак усім перерахованим програмним комплексам по підбору різального інструменту притаманний ряд недоліків [3]:

- представлено асортимент інструменту тільки для одного виробника;
- відсутня можливість самостійного поновлення бази даних інструменту – додавати новий інструмент, видаляти і замінити старий;
- немає можливості порівняти між собою однотипні інструменти різноманітних виробників або конструкції інструментів, що укомплектовані збірними елементами різноманітних виробників, а також визначати оптимальний інструмент для обробки з можливістю вказівки критеріїв оптимальності;
- більшість перерахованих систем є лише електронними версіями каталогів.

Враховуючи перераховані недоліки можна зробити висновки, що на даний момент не існує оптимального програмного комплексу, який би задовольняв усім вимогам, які може поставити перед ним користувач при виборі потрібного інструменту. Проблема розробки автоматизованої системи, що дозволить виконувати автоматичний вибір інструменту незалежно від виробника є актуальною.

Викладення основного матеріалу

Для вирішення кінцевої задачі підбору оптимального осьового різального інструменту для обробки отворів необхідно вирішити ряд окремих задач:

- виділити основні характеристики (геометричні параметри, конструктивні особливості, вимоги до точності і якості) отворів та на основі аналізу створити уніфіковану систему їх кодування;
- виділити основні характеристики (геометричні параметри, конструктивні особливості, вимоги до точності і якості) осьових різальних інструментів та на основі аналізу створити уніфіковану систему їх кодування;
- встановити залежності між характеристиками оброблюваних отворів та інструментів, що їх обробляють.

Першим етапом формалізації опису осьового різального інструменту є створення уніфікованої системи математичного опису оброблюваних отворів. Пропонується система математичного опису одноступінчатих отворів у вигляді кодового запису, який включає в себе вісімнадцять компонентів (1):

$$H = \langle Tp, Vd, Mt, It, Ra, Dp, X_{Dp}, Bz, D_1, L, D_2, f, R, M, P, Dr, Z, n \rangle, \quad (1)$$

де  $Tp$  – множина значень типу отворів за конструктивними параметрами;

$Vd$  – множина значень виду отворів за формою поверхні;

$Mt$  – множина значень матеріалу заготовки;

$It$  – множина значень класу допуску на отвір;

$Ra$  – множина значень шорсткості поверхні отвору;

$Dp$  – множина значень виду допуску;

$X_{Dp}$  – множина значень розміру допуску;

$X_{Dp}$  – множина значень бази (для залежних допусків);

$Bz$  – множина значень діаметру отвору;

$L$  – множина значень глибини отвору;

$D_2$  – множина значень меншого діаметру отвору (для конічних отворів);

$f$  – множина значень кута нахилу направляючої конічної поверхні отвору по відношенню до його осі;

$R$  – множина значень радіусу округлення (для фасонного отвору);

- $M$  – множина значень форми профілю різи;
- $P$  – множина значень кроку різи;
- $Dr$  – множина значень поля допуску різи;
- $Z$  – множина значень напрямку різи;
- $n$  – множина значень кількості заходів різи.

На основі системи математичного опису одноступінчатих отворів розроблено систему математичного опису багатоступінчатих отворів (рис. 1).

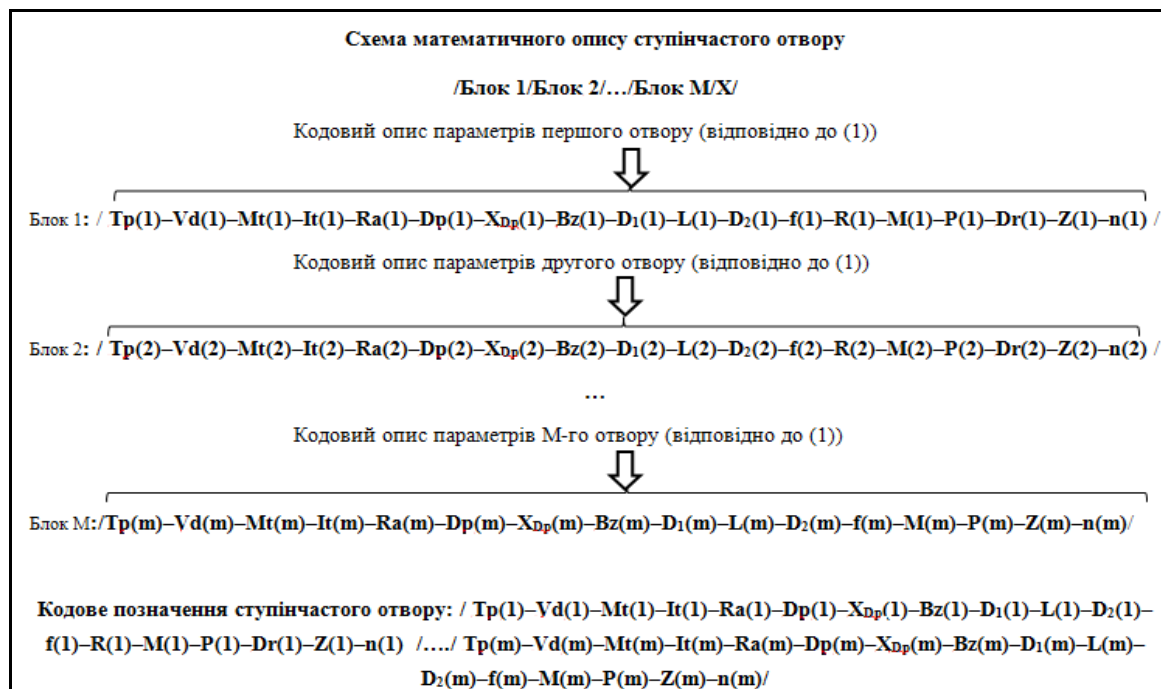


Рисунок 1 – Схема кодового позначення ступінчастого отвору

Другим етапом формалізації опису осьового різального інструменту є створення уніфікованої системи математичного опису осьового різального інструменту. Пропонується для опису осьового різального інструменту використовувати систему математичного у вигляді кодового запису (рис. 2).

Кодове позначення включає в себе п'ять блоків компонентів:

- А – блок основних класифікаційних ознак осьового інструменту;
- В – блок параметрів точності та шорсткості, яких можна досягти при обробці даним інструментом;
- С – блок основних геометричних параметрів інструменту;
- Д – блок додаткових геометричних параметрів інструменту;
- Е – блок параметрів ріжучої пластини;
- Ф – блок вартісно-експлуатаційних характеристик інструменту.

Блок А складається з шести компонентів (2):

$$A = \langle Vf, Tf, Kf, Mf, Sf, Pf \rangle, \quad (2)$$

де  $Vf$  – множина значень виду осьового різального інструменту;

$Tf$  – множина значень типу осьового різального інструменту;

$Kf$  – множина значень конструктивного виконання осьового різального інструменту;

$Mf$  – множина значень матеріалу робочої частини інструменту;

*Sf* – множина значень конструктивного виконання інструменту за способом підводу змащувально-охолоджувальної рідини;  
*Pf* – множина значень покриття інструменту.

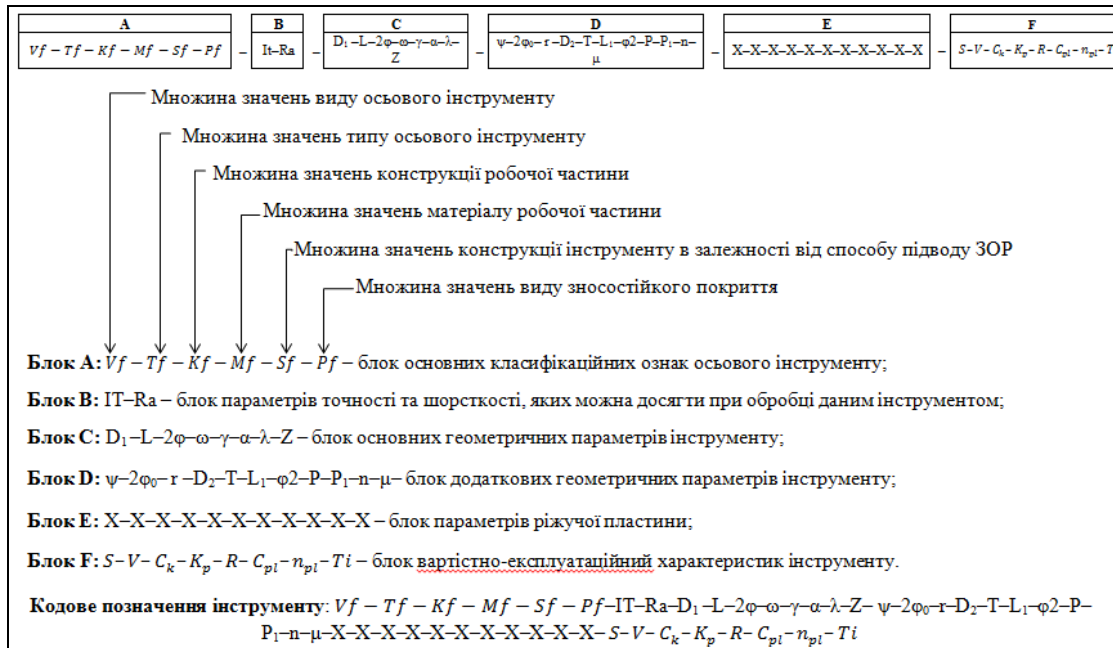


Рисунок 2 – Система кодування та опису параметрів осевого інструменту

Блок В складається з двох компонентів (3):

$$B = \langle It, Ra \rangle, \tag{3}$$

де *It* – множина значень класу точності (якості), що досягається при обробці даним інструментом; *Ra* – множина значень якісної характеристики (шорсткості поверхні), якої можна досягти при обробці даним інструментом.

Блок С складається з наступних компонентів (4):

$$C = \langle D_1, L, 2\phi, \omega, \gamma, \alpha, \lambda, Z \rangle \tag{4}$$

де *D<sub>1</sub>* – множина значень діаметру робочої частини інструменту; *L* – множина значень довжини робочої частини інструменту; *2φ* – множина значень куту при вершині; *ω* – множина значень куту нахилу гвинтових канавок; *γ* – множина значень переднього кута; *α* – множина значень заднього кута; *λ* – множина значень куту нахилу різальної кромки; *Z* – множина значень кількості стружкових канавок.

Блок D складається з 11 компонентів (5):

$$D = \langle \psi, 2\phi_0, r, D_2, T, L_1, \phi_2, P, P_1, n, \mu \rangle, \tag{5}$$

де *ψ* – множина значень куту нахилу поперечної кромки;  
*2φ<sub>0</sub>* – множина значень допоміжного куту при вершині (для свердла гвинтового і центрового);

*r* – множина значень кількості стружколомних канавок (для гвинтового свердла);

*D<sub>2</sub>* – множина значень максимального діаметру конусу (для конічного осевого інструменту) або діаметру головки (для торцевого зенкеру);

*T* – множина значень типу різі (для мітчика);

*L<sub>1</sub>* – множина значень довжини забірної частини (для мітчика);

- $\varphi_2$  – множина значень куту нахилу забірної частини (для мітчика);
- $P$  – множина значень кроку різьби (для мітчика);
- $P_1$  – множина значень напрямку різі (для мітчика);
- $n$  – множина значень кількості заходів (для мітчика);
- $\mu$  – множина значень куту нахилу різьбових канавок (для мітчика).

Згідно зі стандартами ISO 1832–2004 позначення різальної пластини включає 11 основних компонентів (рис. 3), які увійшли у блок E.



Рисунок 3 – Позначення різальних пластин

Блок F складається з вартісно-експлуатаційних характеристик, які включають 8 компонентів (6):

$$F = \langle S, V, K_p, C_k, C_{pr}, R, C_{pl}, n_{pl}, Ti \rangle, \quad (6)$$

- де  $S, V$  – подача і швидкість, рекомендовані для інструменту,
- $C_k$  – вартість цільного інструмента (грн.) (або корпусу для збірного),
- $K_p$  – кількість переточувань для цільного інструменту;
- $C_{pr}$  – вартість переточування різальної кромки;
- $R$  – ресурс корпусу для збірного інструменту;
- $C_{pl}$  – вартість пластин для збірного інструмента (грн.);
- $n_{pl}$  – число різальних кромки в пластині збірного інструмента;
- $Ti$  – період стійкості нормативний (хв.).

Так як в сучасному машинобудуванні для обробки складних, багатоступінчатих отворів широко застосовується комбінований осьовий різальний інструмент (свердло – мітчик, свердло – розвертка і т.п.), на основі системи кодування осьового різального інструменту (рис. 2) розроблено систему кодування комбінованого різального інструменту у вигляді кодового запису, що складається з блоків, кожен з яких описує окрему ступінь комбінованого інструменту за системою кодування осьового різального інструменту (рис. 2). Визначено основні компоненти, спільні для усіх ступенів комбінованого осьового різального інструменту та виокремлено їх в окремий блок, у який повністю увійшов блок F і який знаходиться на останньому місці кодового запису інструменту (рис. 4).

Розроблена система опису осьового інструменту та отворів покладена в основу програмного забезпечення, яке виконує дві задачі: представляє осьовий інструмент, або отвір у кодовому вигляді та навпаки, розшифровує кодове позначення інструменту або

отвору. Дане програмне забезпечення реалізовано за допомогою сучасні середовища програмування Delphi.

На рис. 5 представлено інтерфейс програми. Програмне забезпечення дозволяє кодувати та декодувати будь-які отвори та осьовий інструмент. Програма дозволяє створювати базу інструменту, сформовану з математичних записів цих інструментів, вносити зміни до бази (видаляти старий, додавати новий інструмент), що відрізняє її від аналогів.

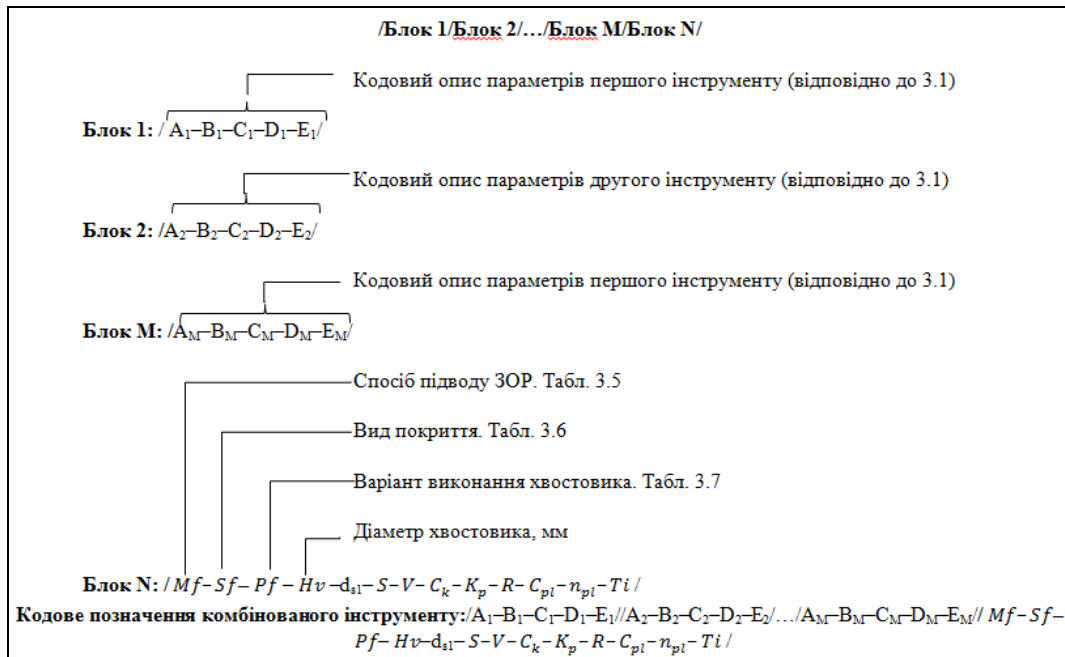


Рисунок 4 – Схема кодового позначення комбінованого інструменту

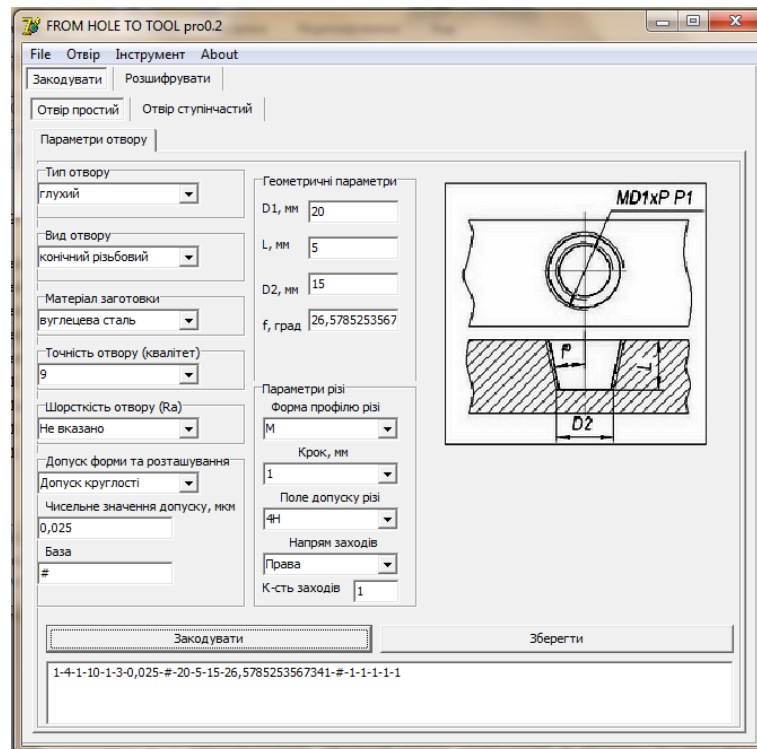


Рисунок 5 – Інтерфейс розробленої програми кодування та декодування отворів та осьового інструменту

## Висновки

Розроблена система математичного опису осевого різального інструменту та отворів та створене програмне забезпечення на її основі дозволило уніфікувати різноманітні осеві різальні інструменти та поверхні, що ними оброблюються. Впровадження розробленого програмного забезпечення дасть змогу порівнювати між собою конструктивні та вартісно-експлуатаційні особливості осевого інструменту різних фірм–виробників, що в свою чергу призведе до скорочення витрат на технологічну підготовку виробництва.

## Список літератури

1. Челищев Б.Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении [Текст] / Б.Е.Челищев, И.В. Боброва, А. Гонсалес-Сабатер; под ред. Н.Г.Бруевича. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
2. Михалев О.Н. Повышение степени автоматизации CAD/CAM систем при проектировании обработки точных отверстий на многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] / О. Н. Михалев, А.С. Янюшкин. – Вестник компьютерных и информационных технологий. – М.: Машиностроение. – . №5(47), 2008. – С. 33-38.
3. Аверченков В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ: монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.В. Аерченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – 2-е изд., стереотип. – М.: ФЛИНТА, 2011. – 151 с.
4. SANDVIK Coromant Technical guide – Руководство по металлообработке – Сверление : Drilling Технический справочник от SANDVIK Coromant 2009. – SANDVIK Coromant. – 88 с.
5. Электронный каталог Iscar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iscar.com/Ecat/>.
6. Mitsubishi Materials Токарный инструмент, вращающийся инструмент, инструментальные системы : общий каталог 2007-2009. – Mitsubishi Materials Corporation, 1085 с.
7. Каталог продукции CoroGuide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://coroguide.coromant.sandvik.com/>.
8. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты: [Текст] Учебник для машиностроительных вузов / П. Р. Родин. – Х.: «Вища школа», 1974. – 400 с.

В статье представлена формализация описания осевого режущего инструмента и обрабатываемых отверстий по их основным признакам, предложена система математического описания осевого режущего инструмента и обрабатываемых отверстий в виде кодовой записи. Разработанную систему математического описания положен в основу программного обеспечения, использование которого позволит сравнивать между собой конструктивные особенности осевого инструмента различных фирм – производителей, что, в свою очередь, приведет к сокращению времени на подбор осевого режущего инструмента по всему спектру существующего инструмента, тем самым уменьшая трудоемкость обработки отверстий.

The article introduces the concept of unification axial cutting tool and the machined holes for their main features , the system of their mathematical description in the form of code writing. The designed system mathematical description of the basis for the software, the use of which would allow a comparison between the structural features of the tool axial different manufacturers , which in turn would reduce time for selection of axial cutting tool across the spectrum of current thus reducing the complexity of holes .

Одержано 30.04.14