

ДК 621.9

В.Є.Карпусь, В.О.Іванов, О.В.Котляр, М.С.Іванова
 Національний технічний університет
 “Харківський політехнічний інститут”

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

У роботі проведені експериментальні дослідження можливостей запропонованої конструкції такою, що базує призми для установки ступінчастих валів на фрезерних верстатах з ЧПУ. Також виконані дослідження точності обробки ступінчастих отворів стандартними і комбінованим зенкерами і точність багаторізевої обробки валів на токарних верстатах з ЧПУ.

Ефективність використання верстатів з ЧПК значною мірою визначається рівнем якості технологічного оснащення, а саме верстатних пристроїв та різальних і допоміжних інструментів.

Верстатні пристрої (ВП) суттєво впливають на точність обробки, а також її продуктивність завдяки швидкодії при затисканні-розтисканні деталей і скороченню підготовчо-заключної складової норми часу на операцію, пов'язаної з переналагодженням ВП на установлення заготовки іншого типорозміру. Оптимальна гнучкість ВП, яка визначається його здатністю змінювати свій функціональний стан і швидкістю адаптації до нових виробничих обставин є обов'язковою умовою високої ефективності обробки на верстатах з ЧПК.

Виходячи з цих міркувань, нами запропонована система універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв (УЗПП), яка поєднує переваги універсально-збірних та переналагоджуваних пристроїв (рис. 1) [1].

Порівнювались технічні характеристики універсально-збірних пристроїв (УЗП), УЗП-ЧПК, універсально-збірних пристроїв механізованих (УЗПМ), універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв (УЗПО), збірно-розбірних пристроїв (ЗРП), універсально-безналагоджуваних пристроїв (УБП), універсально-налагоджуваних пристроїв (УНП), спеціалізованих безналагоджуваних пристроїв (СБП), спеціалізованих налагоджуваних пристроїв (СНП), автоматизовано переналагоджуваних пристроїв (АПП) і УЗПП. Як бачимо, система УЗПП має значні потенційні функціонально-технологічні переваги перед іншими системами ВП, які в повній мірі можуть бути реалізовані на сучасних свердильно-фрезерно-розточувальних багатоцільових верстатах з ЧПК.

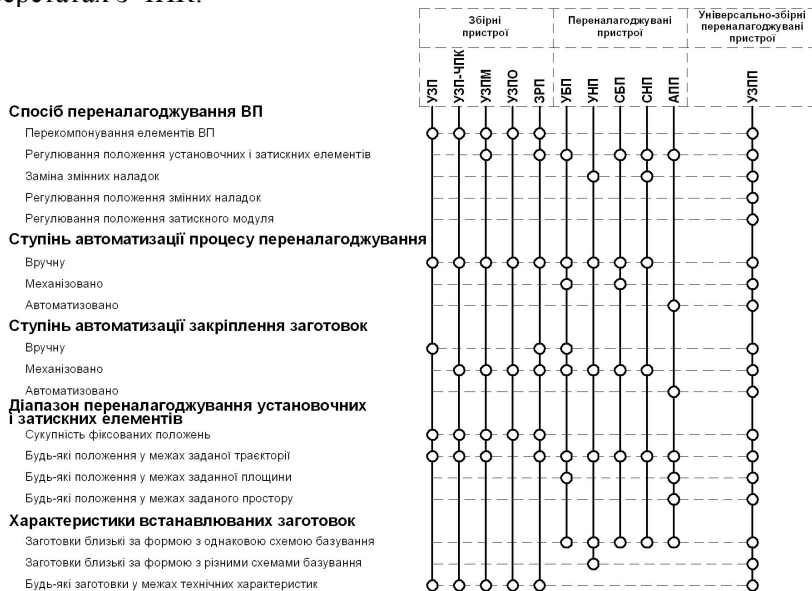


Рис. 1. Технічні характеристики систем верстатних пристроїв

Для експериментального підтвердження ефективності використання запропонованої системи УЗПП нами розроблена компоновка ВП із елементів УЗПП на основі автоматично переналагоджуваної базуючої призми (рис. 2) [2]. Установочні елементи виконані у формі дисків, вісі обертання яких зміщені відносно осі диска на величину ексцентриситету e . За допомогою системи зубчастих коліс опорні диски одночасно повертаються в різні боки на заданий кут, який

відповідає певному діаметру оброблюваної заготовки у діапазоні $d_{\text{заг min}} \dots d_{\text{заг max}}$ (рис. 2, а). Максимальний кут повороту опорних дисків 90° . Для базування ступінчастих валів по поверхнях заготовок діаметром 25...100 мм діаметр опорних дисків повинен бути 60 мм.

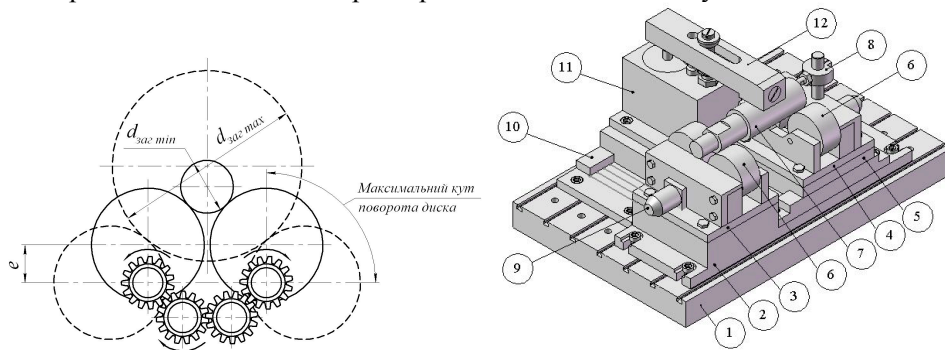


Рис. 2. Універсально-збірний переналагоджуваний пристрій: а – схема механізму регулювання установочних елементів; б – компоновка УЗПП

Базову плиту 1, яка є основою ВП (рис. 2, б), закріплюють на робочому столі верстата. Потім на неї встановлюють базуючий модуль 2, на якому розміщені змінні наладки 3 і 4, що регулюються, причому наладка 3 жорстко закріплена на базуючому модулі, а наладка 4 – на каретці 5 лінійного двигуна, що дозволяє змінювати відстань між опорними дисками 6 і забезпечує необхідну жорсткість заготовки 7 у процесі механічної обробки. Заготовку 7 – оброблюваний ступінчастий вал, установлюють базовими поверхнями на опорні диски 6 з упором в торець.

Упор 8 можна регулювати по висоті і довжині вильоту опори, що регулюється. Система ЧПК верстата подає команду на крокові двигуни 9, які через вали-шестірні повертають опорні диски на необхідний кут, що відповідає базовому діаметру заготовки. Причому сигнали на кожний кроковий двигун передаються окремо, що дозволяє опорні диски налагоджувати на різні діаметри. Лінійний двигун 10 здійснює зміну положення модуля 11 вздовж осі заготовки. Затиск заготовки виконують відвідним притискачем 12, який забезпечує безперешкодне зняття обробленої деталі та установлення нової заготовки. Затискання-розтискання заготовки, а також переналагодження ВП для обробки деталей іншого типорозміру здійснюється автоматично за командами від системи ЧПК верстата.

Для експериментального дослідження точності обробки на запропонованому ВП була розроблена конструкція і виготовлений дослідний зразок базуючої призми (рис. 3), а також спланований та проведений експеримент. Дослідження виконувалися на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р82Г і вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК мод. 6Р13Ф3 при установці заготовок ступінчастого вала на запроповану базуючу призму та на жорстку опорну призму (рис. 4).

Лиски фрезерувались на трьох шийках, які розташовані у різних місцях ступінчастого вала: консольно ($d = 30$ мм), над опорою ($d = 42$ мм) і між двома опорами ($d = 54$ мм). При обробці необхідно отримати розміри за якітетом ІТ11: при глибині різання $t = 1$ мм – $29_{(-0,13)}$, $41_{(-0,16)}$, $53_{(-0,19)}$ відповідно; а при глибині $t = 4$ мм – $26_{(-0,13)}$, $38_{(-0,16)}$, $50_{(-0,16)}$ відповідно.

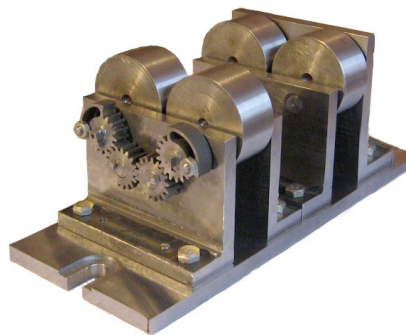


Рис. 3. Дослідний зразок базуючої призми

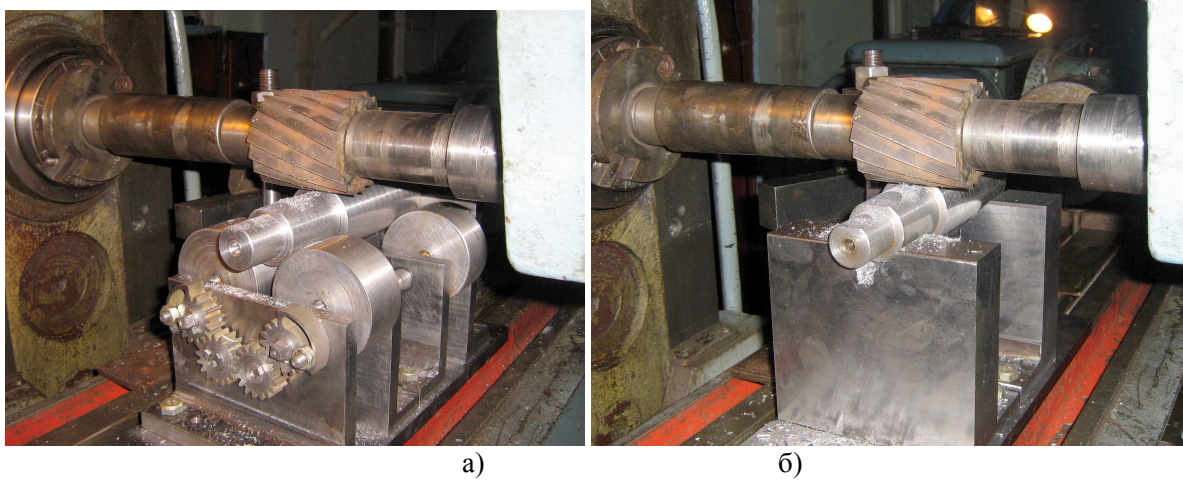


Рис. 4. Фрезерування лиски на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р82Г при установці заготовок: а – на запропоновану базуючу призму; б – на жорстку опорну призму

Фрезерування виконувалось циліндричною фрезою на горизонтально-фрезерному верстаті та кінцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті. Схеми сил різання при обробці цими різальними інструментами наведено на рис. 5.

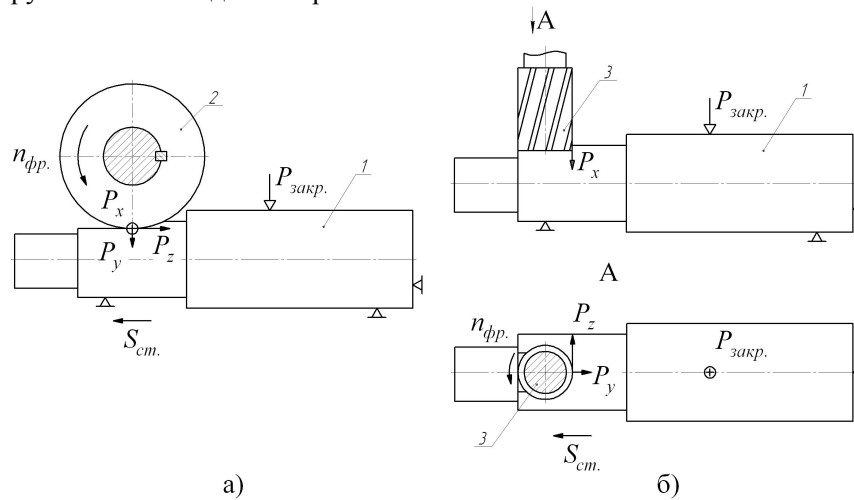


Рис. 5. Схеми сил різання при фрезеруванні циліндричною фрезою (а) і кінцевою фрезою (б): 1 – ступінчастий вал; 2 – циліндрична фреза; 3 – кінцева фреза; P_x – осьова складова сили різання; P_y – радіальна складова сили різання; P_z – дотична складова сили різання; $P_{закр.}$ – сила закріплення; $n_{фр.}$ – частота обертання фрези, $S_{ст}$ – подача стола верстата

В результаті пружних деформацій технологічної системи мають місце похибки розмірів, які відрізняються за величиною в залежності від умов обробки (табл. 1).

Як бачимо при глибині різання $t = 1$ мм (напівчистове фрезерування) як циліндричною, так і кінцевою фрезою похибки оброблюваних розмірів при установленні заготовок на обох типах призм однакові і не перевищують 0,01 мм. При збільшенні глибини різання до $t = 4$ мм (чорнове фрезерування циліндричною фрезою) похибки розмірів обробки при установленні заготовки на запропоновану базуючу призму дещо зростають, але знаходяться в межах відповідного квалітету точності. Для розмірів у діапазоні 18...30 мм допуск виконуваного розміру $T_d = 0,13$ мм, для розмірів 30...50 мм – $T_d = 0,16$ мм, для розмірів 50...80 мм – 0,19 мм.

Таблиця 1.

Базуючий модуль	Місце обробки вала					
	на консолі		над опорою		між двома опорами	
	при глибині різання t , мм					
	1	4	1	4	1	4
Горизонтально-фрезерний верстат мод. 6P82Г						
Запропонована базуюча призма	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03
Жорстка опорна призма	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК мод. 6P13Ф3						
Запропонована базуюча призма	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Жорстка опорна призма	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Похибки обробки кінцевою фрезою практично не змінюються залежно від способу установки заготовки на верстаті.

Таким чином, значне розширення технологічних можливостей даного базуючого модуля і гнучкості відповідних ВП не пов'язано з суттєвим погіршенням їх точнісних показників, які повністю задовольняють виробничим умовам.

Одним з найдоцільніших способів підвищення продуктивності і точності обробки отворів на верстатах з ЧПК є застосування комбінованого осьового інструмента, який забезпечує концентрацію технологічних переходів. Нами досліджена точність обробки ступінчастих отворів стандартними та комбінованим зенкерами за технологічними схемами, показаними на рис. 6.

Усереднені результати експерименту, наведені у табл. 2, підтверджують, що обробка комбінованим зенкером підвищує точність ступінчастих отворів порівняно з послідовною обробкою кількома стандартними зенкерами. При цьому зменшується похибка відхилення осі, а також забезпечується висока співвісність ступенів отвору, яка залежить, в основному, від точності комбінованого зенкера. Допуски на міжосьові відстані отворів знаходяться в межах 0,1...0,5 мм. Установлена також висока повторюваність розмірів оброблюваних отворів.

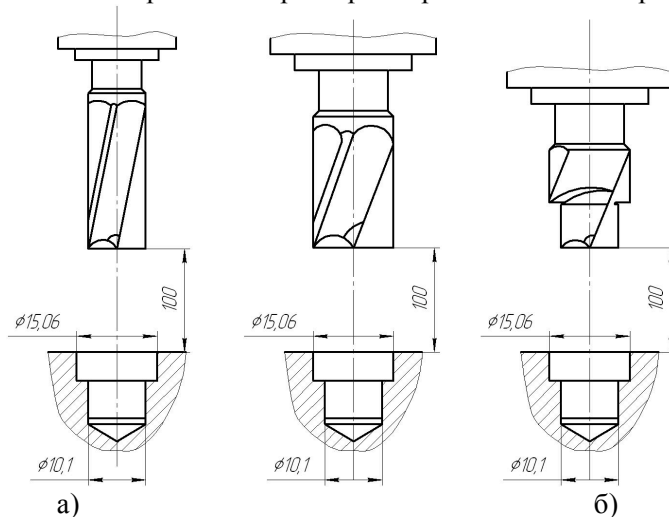


Рис. 6. Технологічні схеми обробки ступінчастого отвору: а – стандартними зенкерами; б – ступінчастим зенкером

На токарних верстатах з ЧПК, оснащених револьверними інструментальними головками, рекомендується використовувати запропонований нами комбінований різець [3], що складається зі стандартного базового різця і різцевої вставки, які з'єднуються між собою за допомогою затискного кронштейна (рис. 7).

Для оцінки точності багаторізцевої обробки за допомогою комбінованого різця був спланований і проведений три факторний експеримент на токарному верстаті з ЧПК мод. 16K20T1 (рис. 8).

Таблиця 2

Показники точності зенкерування ступінчастого отвору

Параметр отвору	Діаметр ступеня отвору, мм	Матеріал заготовки			
		Сталь		Алюміній	
		Тип інструмента			
		Комбінований	Стандартний	Комбінований	Стандартний
Середній діаметр, мм	10,1	10,144	10,212	10,128	10,384
	15,6	15,092	15,325	15,081	15,305
Відхилення від круглості, мм	10,1	0,003	0,003	0,001	0,007
	15,6	0,002	0,006	0,001	0,003
Похибка позиціонування		0,007	0,021	0,004	0,019

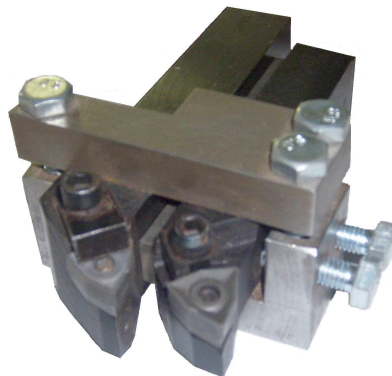


Рис. 7. Комбінований різець

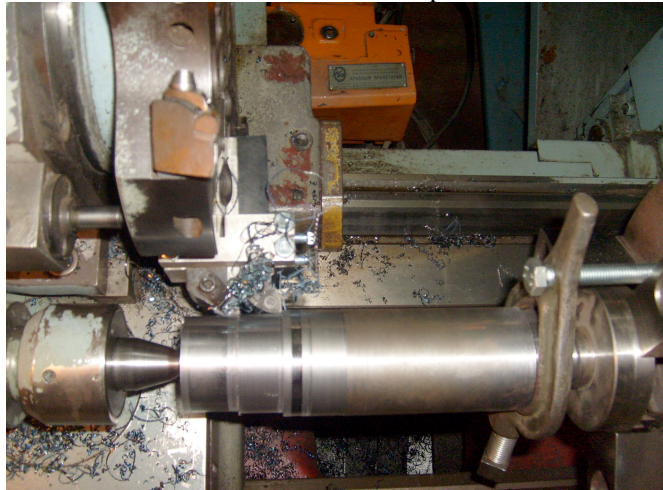


Рис. 8. Обробка вала комбінованим різцем на токарному верстаті з ЧПК мод. 16K20T1

Обробка характеризується наступними параметрами: діаметр оброблюваної поверхні $d = 32...64$ мм; поздовжній виліт різця (різцевої вставки) $L_p = 18...30$ мм; поперечний виліт різця (різцевої вставки) $L_n = 35...45$ мм.

За результатами експериментальних досліджень методом найменших квадратів отримані математичні залежності для визначення похибок розмірів оброблюваних поверхонь на токарному верстаті з ЧПК за допомогою комбінованого різця (табл. 3), які з довірчою ймовірністю 95% адекватно описують експериментальні дані.

Таблиця 3

Залежності для визначення похибок розмірів оброблюваних циліндричних поверхонь

$L/d = 5$	$\Delta = -0,014 + 0,00088 \cdot d + 0,00151 \cdot L_D + 0,00094 \cdot L_A$
$L/d = 10$	$\Delta = -0,034 + 0,00076 \cdot d + 0,0014 \cdot L_D + 0,00181 \cdot L_A$

Характер впливу параметрів обробки на величину похибки розмірів оброблюваної циліндричної поверхні ілюструють графіки, показані на рис. 9.

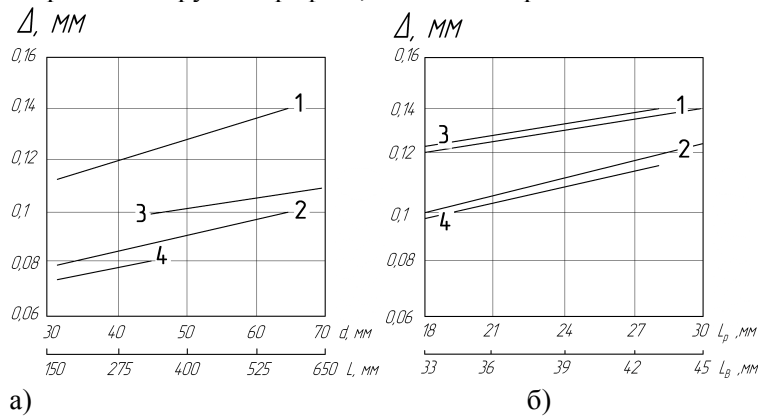


Рис. 9. Залежності похибки розмірів оброблюваної циліндричної поверхні від параметрів обробки: а – 1 – $L_P = 30$ мм; $L_B = 45$ мм; 2 – $L_P = 18$ мм; $L_B = 35$ мм; 3 – $L_P = 18$ мм; $d = 64$ мм; 4 – $L_B = 35$ мм; $d = 32$ мм; б – 1 – $L_B = 45$ мм; $d = 64$ мм; 2 – $L_B = 35$ мм; $d = 64$ мм; 3 – $L_P = 30$ мм; $d = 64$ мм; 4 – $L_P = 18$ мм; $d = 64$ мм

Експериментальні дослідження багаторізцевої обробки заготовок на токарних верстатах з ЧПК запропонованим комбінованим різцем показали, що при цьому збільшується похибка діаметральних розмірів в середньому на 45% порівняно з однорізцевою обробкою. Отримані значення похибок знаходяться в межах половин допусків чорнової (IT12) та напівчистої (IT11) обробки, для яких відповідно допуски на діаметр складають: IT12 – $T_d = 250$ мкм ($d = 30 \dots 50$ мм) та $T_d = 300$ мкм ($d = 50 \dots 80$ мм); IT11 – $T_d = 160$ мкм ($d = 30 \dots 50$ мм) та $T_d = 190$ мкм ($d = 50 \dots 80$ мм).

Таким чином, експериментально підтверджується ефективність запропонованих конструкцій технологічної оснастки для верстатів з ЧПК, використання якої розширює технологічні можливості і забезпечує високу продуктивність та прийнятну точність обробки.

1. Карпусь В. Е. Универсально-сборные перенастраиваемые приспособления / В. Е. Карпусь, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – М. : Машиностроение, 2008. – № 11. – С. 46–50.
2. Пат. на корисну модель № 31416 Україна, МПК (2006) B23B 39/00. Базуюча призма, що автоматично регулюється / Карпусь В. Є., Іванов В. О.; заявник та патентовласник Нац. техн. ун-т “ХПІ”. – № у 2007 12864; заявл. 20.11.2007; опубл. 10.04.08, Бюл. № 7.
3. Пат. на корисну модель № 24137: МПК(2006) B23B 27/16. Комбінований різець / Карпусь В. Є., Котляр О. В.; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т “ХПІ”. – № у 2006 13462; заявл. 19.12.06; опуб. 25.06.07, Бюл. № 9.