

**КАРАЗЕЙ В. Д.**Хмельницький національний університет  
ORCID ID: 0000-0001-9110-8559  
e-mail: witalij.karazey@gmail.com**СОКОЛАН К. С.**Хмельницький національний університет  
ORCID ID: 0000-0002-3513-8312  
e-mail: sokolan.kateryna@gmail.com**КУШНІРЧУК А. С.**Хмельницький національний університет  
ORCID ID: 0000-0002-5445-7378  
e-mail: kyshnir98@gmail.com**КАЛІНІН О. В.**Хмельницький національний університет  
ORCID ID: 0000-0002-1676-2566  
e-mail: [justa1exuss@gmail.com](mailto:justa1exuss@gmail.com)

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК

У роботі розглядається підвищення ефективності застосування верстатів з ЧПК через застосування модернізованої конструкції поворотного стола, призначеного для установки та закріплення оброблюваних деталей, використання якого призведе до підвищення продуктивності механічного оброблення. За допомогою поворотного столу можна без переустановлення проводити оброблення заготовок різноманітних форм із декількох сторін, обертати заготовку в різних координатах для виконання інших технологічних переходів. Такі столи знаходять широке застосування під час багатопозиційного оброблення отворів, фрезерування площин на свердловальних та фрезерних верстатах. Кріплення деталі до поворотного столу здійснюється за допомогою T-подібних пазів, стіл може приймати вертикальне або горизонтальне положення. Одним із можливих шляхів зменшення вартості обладнання з ЧПК для малих підприємств є модернізація поворотних столів шляхом заміни ручного приводу. При модернізації стола до корпусу на заміну ручного приводу встановлюється кроковий двигун, що передає рух через з'єднувальну муфту і черв'ячну пару на планшайбу.

Сучасні крокові електродвигуни забезпечують переміщення робочої частини з точністю 0,01 мм. До того ж вони мають добрий експлуатаційний ресурс завдяки відсутності колекторного вузла (в порівнянні з сервоприводами), який піддається значному зношуванню при експлуатації. За рахунок простоти конструкції крокові двигуни мають відносно невелику вартість, що має велике значення в сучасних реаліях виробництва.

Проведено аналіз експлуатаційного ресурсу та точності роботи сучасних крокових електродвигунів та обґрунтовано вибір двигуна. Для інтеграції модернізованого стола в систему металорізального верстата з ЧПК необхідною є функція зчитування команд, надісланих зі стійки управління верстатом, і перетворення команд в сигнали напрямку (DIR) та кроку (PULSE). Для розв'язання цієї задачі запропоновано використання програмованого логічного контролера (PLC). Також показано вплив зміни конструкції механізму позиціонування на точність керування.

Ключові слова: металорізальні верстати з ЧПК, установ, технологічний перехід, поворотний стіл, модернізація, кроковий двигун, контролер.

VITALIY KARAZEY, KATERYNA SOKOLAN, ANDRIY KUSHNIRCHUK, OLEKSIY KALININ  
Khmelnytskyi National University

## MODERNIZATION OF THE TURNING TABLE FOR NC MACHINE TOOL

The article envisages the increase in the efficiency of NC machine tool due to the use of an upgrades design of turning table for installation and fixing of workpieces, the use of which will lead to improved productivity of machining. With the help of a turning table it is possible to perform machining of workpieces of different shapes from several sides without resetting, and to rotate the workpiece in different coordinates to carry out other technological transitions. Such tables are widely used in multi-position hole machining, milling planes on drilling and milling machines. The workpiece is fastened to the turning table by T-shaped longitudinal seams, and the table can take vertical or horizontal position. Ways to reduce the cost of CNC equipment for small enterprises are analyzed. One possible way is to modernize turning tables by replacing the manual drive.

When upgrading the table for replacement of the manual drive a stepper motor is installed, which transmits the movement through the coupling and worm-and-worm gear to the faceplate. Modern stepper electric motors provide movement of the work part with an accuracy of 0.01 mm. In addition, they have good operational life due to the lack of a collector unit (in comparison with servo drives), which is subject to considerable wear during operation. Due to the simplicity of design stepper motors have relatively low cost, which is of great importance in today's production realities. The analysis of operating life and accuracy of modern stepper motors and the choice of motor was carried out. For integration of the modernized table into the system of CNC metal-cutting machine tool the function of command reading sent from the machine control rack and converting them into the direction (DIR) and pitch (PULSE) is proposed to solve this problem. The effect of changing the design of the positioning mechanism on accuracy control is also shown.

Keywords: CNC metal-cutting machines, institutions, technological transition, turning table, modernization, stepper motor, controller.

### Постановка проблеми

На підприємствах машинобудування в умовах серійного виробництва широко застосовуються верстати із числовим програмним керуванням (ЧПК) для ефективноної обробки великої номенклатури

деталей. Верстати з ЧПК дозволяють виконувати фрезерування площин, уступів, пазів з поворотом деталі на будь-який кут; фрезерування складних криволінійних поверхонь за кількома одночасно керованими координатами: свердлування, зенкерування, розвірчування отворів.

Для підвищення продуктивності механічного оброблення необхідно виконувати технологічні переходи та обробляти максимальну кількість поверхонь деталі з одного установу.

Одним із шляхів підвищення ефективності застосування верстатів з ЧПК являється використання поворотних столів, що призначені для установки та закріплення оброблюваних деталей і дають можливість розширити технологічні можливості верстатів та проводити обробку максимальної кількості поверхонь деталі з одного установка [1].

### Виклад основного матеріалу

За допомогою поворотного столу можна без переустановлення проводити оброблення заготовок різноманітних форм із декількох сторін, обертати заготовку в різних координатах для виконання інших технологічних переходів.

Поворотні столи переважно виконуються у вигляді самостійних вузлів, що встановлюються на столі верстата в двох положеннях із горизонтальною та вертикальною віссю залежно від розміщення оброблюваної поверхні [2, 3].

Поворотні столи, що застосовуються в верстатах з ЧПК, класифікуються за такими ознаками:

а) кількість осей – одновісний і двовісний;  
б) положення осі обертання – з горизонтальною віссю обертання (переважно на токарних верстатах) і з вертикальною віссю обертання для свердління отворів і фрезерування великої кількості різних деталей (фрезерні, свердлильні, розточувальні, зуборізні, шліфувальні верстати);

в) тип приводу – електромеханічний, електричний, гідравлічний. Електромеханічний привід розділяється на приводи з циліндричної передачею, черв'ячною передачею, зубчато-рейковою передачею.

Одним із найбільш важливих питань при виборі обладнання, оснащеного поворотним столом, є економічність. В даний час на ринкові є великий вибір верстатів із поворотними столами, але більшість пропозицій має дуже високу ціну, наявність поворотного стола збільшує вартість верстата на 30–40 %. Наприклад, вартість верстата із поворотним столом мод. HAAS (США) зростає на 15000–45000 доларів.

Одним із можливих шляхів зменшення вартості обладнання для малих підприємств є модернізація поворотних столів шляхом заміни ручного приводу [4].

Такі столи знаходять широке застосування під час багатопозиційного оброблення отворів, фрезерування площин на свердлувальних та фрезерних верстатах. Кріплення деталі до поворотного столу здійснюється за допомогою Т-подібних пазів, стіл може приймати вертикальне або горизонтальне положення.

За допомогою поворотного столу можна без переустановлення проводити оброблення деталей, розташованих по колу, обертати заготовку в різних координатах і виконувати інші операції.

Загальний вигляд поворотного стола мод. 7205–0003 показано на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд поворотного стола із ручним приводом

До складу конструкції столу входить корпус, планшайба, черв'ячне колесо, черв'як. Обертання планшайби задається вручну маховичком за допомогою черв'ячної пари. Встановлення планшайби у необхідне положення здійснюється фіксатором, що переміщується за допомогою рукоятки.

При модернізації столу до корпусу на заміну ручного приводу встановлюється кроковий двигун [5], що передає рух через з'єднувальну муфту і черв'ячну пару на планшайбу. Кроковий привод складається із синхронної електричної машини та керуючого контролера. Останній забезпечує подачу сигналів на обмотки

двигуна та їх покрокове включення у відповідності до заданої програми.

Кроковий двигун перетворює керуючі сигнали в переміщення вала на відповідний кут та фіксацію його в заданому положенні. Кількість кроків таких електродвигунів від 100 до 400, кут кроку – від 0,9° до 3,6°.

Сучасні крокові електродвигуни забезпечують переміщення робочої частини з точністю 0,01 мм. До того ж вони мають добрий експлуатаційний ресурс завдяки відсутності колекторного вузла (в порівнянні з сервоприводами), який піддається значному зношуванню при експлуатації. Також крокові двигуни не мають вузлів, що підлягають регулярному технічному обслуговуванню, добре переносять механічні перевантаження та не виходять із строю при аварійних зупинках. За рахунок простоти конструкції крокові двигуни мають відносно невелику вартість, що має велике значення в сучасних реаліях виробництва.

Складальне креслення модернізованого поворотного стола показано на рис. 2.

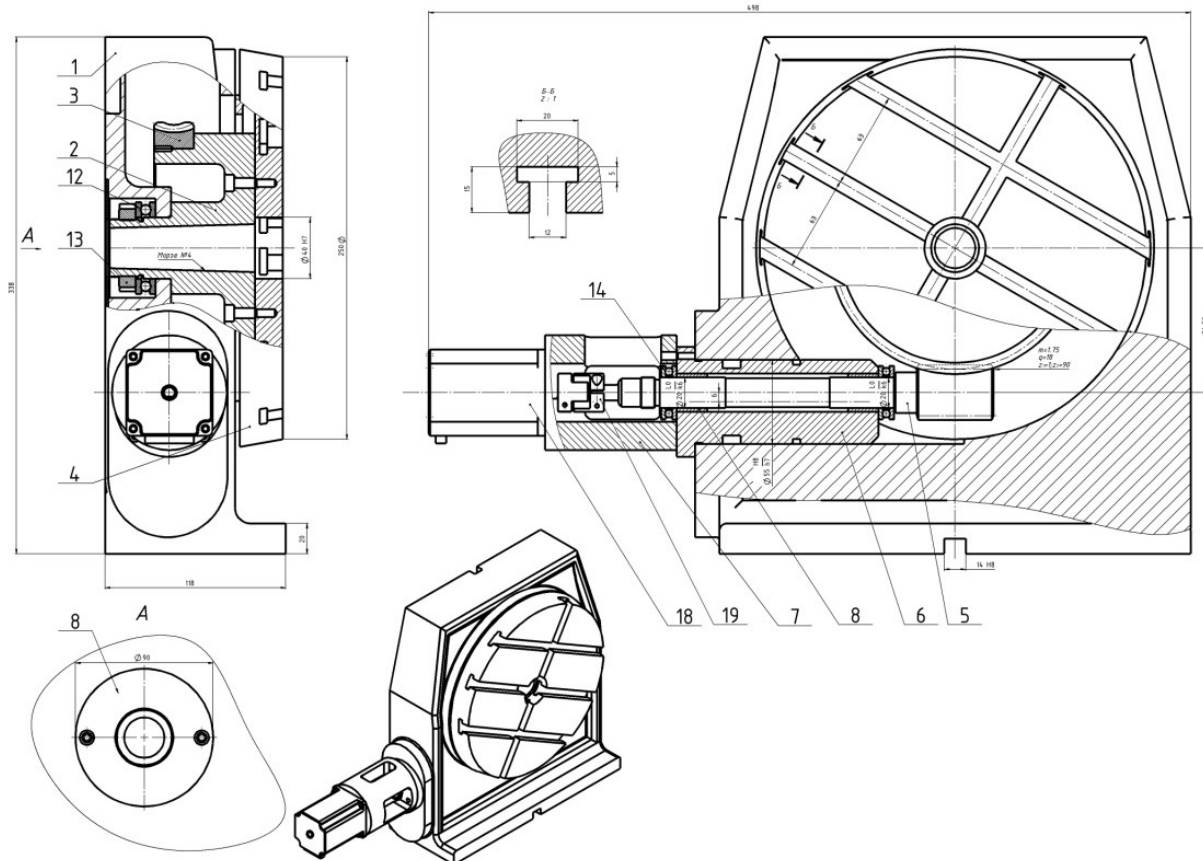


Рис. 2. Складальне креслення поворотного стола

Стіл поворотний складається із корпусу 1, в якому обертається шпиндель 2, встановлений на підшипниках 12. На шпинделі закріплюється черв'ячне колесо 3 та планшайба столу 4.

Поворот стола та його точне позионування здійснюється за допомогою крокового двигуна 18, який передає крутний момент на планшайбу через з'єднувальну муфту 19 та черв'ячний вал 5.

Для керування двигуном використовується мікрокроковий режим, оскільки він має більш високу точність позионування ротора, що дає змогу двигуну працювати плавно, без перебоїв [6].

У конструкції застосовано уніполярний двофазний кроковий двигун Nema 23, в якого один повний оберт двигуна розбитий на 200 кроків, що дозволяє валу повертатися на довільний кут, кратний 1,8. При подачі одного керуючого імпульсу кроковий двигун здійснює оберт ротора не менше ніж на половину кроку, при цьому менший кут кроку забезпечує більш точне керування ротором.

Завдяки наявності черв'ячної пари (рис. 3) в конструкції стола мінімальний кут повороту планшайби складає 0,0013° при передаточному числі черв'ячної пари 90.

Для інтеграції модернізованого стола в систему металорізального верстата з ЧПК, необхідно зчитувати команди, надіслані зі стійки управління верстатом, і перетворювати команди в сигнали напрямку (DIR) та кроку (PULSE).

Для розв'язання цієї задачі доцільно використати програмований логічний контролер (PLC).

Загальний коефіцієнт корисної дії механізму столу:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{чп}} \cdot \eta_{\text{пк}} \cdot \eta_{\text{пк}} \cdot \eta_{\text{м}} = 0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,72, \quad (1)$$

де  $\eta_{\text{чп}}$  – ККД черв'ячної передачі,  $\eta_{\text{чп}}=0,75$ ;  
 $\eta_{\text{пк}}$  – ККД пари підшипників кочення,  $\eta_{\text{пк}}=0,99$ ;

$\eta_M$  – ККД муфти,  $\eta_M=0,98$ .

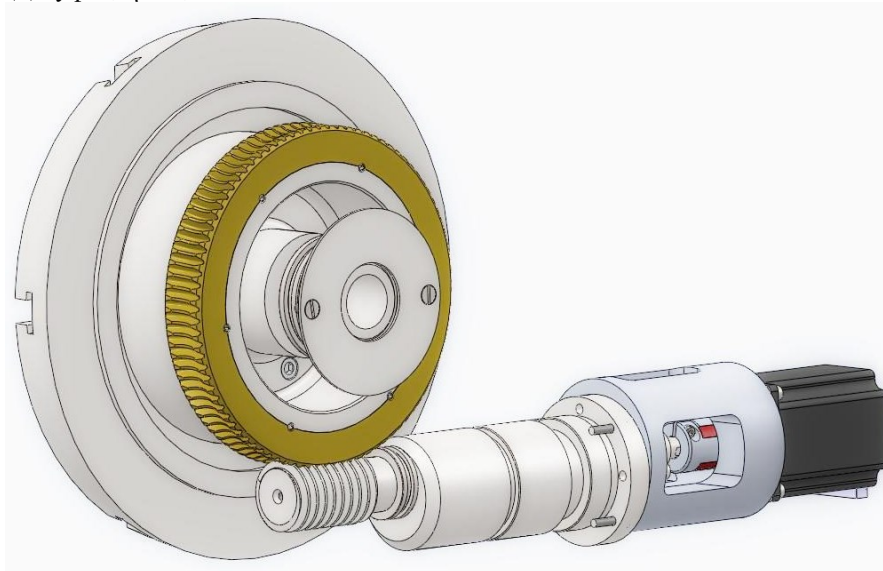


Рис. 3. Механізм позиціонування

Максимальний крутний момент на планшайбі столу,  $M_{пл.}$

$$M_{пл.} = M_{кд} \cdot \eta_{заг} \cdot i = 1,2 \cdot 0,72 \cdot 90 = 77,76 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2)$$

де  $M_{кд}$  – крутний момент крокового двигуна;  $i$  – передаточне число черв'ячної передачі.

Загальний вигляд модернізованого поворотного столу показано на рис. 4.



Рис. 4. Модернізований поворотний стіл

### Висновки

Проведена модернізація конструкції поворотного столу, призначеного для установки та закріплення оброблюваних деталей, підвищує ефективність застосування верстатів з ЧПК, особливо для малих підприємств та не призводить до значного дорожчання оснащення. Заміна ручного приводу на кроковий двигун не тільки збільшує експлуатаційний ресурс поворотного столу, але й підвищує точність виконання робіт.

З метою інтеграції модернізованого столу в систему металорізального верстата з ЧПК для зчитування команд, надісланих зі стійки управління верстатом і перетворення команд в сигнали напрямку (DIR) та кроку (PULSE) в роботі запропоновано використання програмованого логічного контролера (PLC). Також показано вплив зміни конструкції механізму позиціонування на точність керування.

### Література

1. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков / Решетов Д.Н., Портман В.Т. – М. :

Машиностроение, 1986. – 336 с.

2. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка : учеб. пособие / [А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин]. – [2-е изд.]. – М. : ФЛИНТА, 2014. – 355 с.

3. Бриченков С.Н. Исследование возможности использования поворотного стола на фрезерных станках / С.Н. Бриченков, И.Д. Соколова // Международная инновационная наук. – 2015. – № 9. – С. 30–35.

4. Черпаков Б.И. Модернизация универсальных фрезерных станков: применение делительных приспособлений и способностей, расширяющих технологические возможности оборудования / Б.И. Черпаков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – № 12. – С. 195–203.

5. Емельянов А.В. Шаговые двигатели : учеб. пособие / А.В. Емельянов А.Н. Шилин. – Волгоград : ВолгГТУ, 2005. – 32 с.

6. Тихомиров Э. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ / Э. Тихомиров, В. Васильев. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.

#### References

1. Reshetov D.N., Portman V.T. Accuracy of metal-cutting machines. M.: Machine Building, 1986. 336 p.
2. Zholobov A., Mrochek J., Averchenkov A.V., Terekhov M.V., Shkaberin V.A. CNC machines: device, programming, tooling and tooling: tutorial. 2nd ed. M.: FLINTA, 2014, 355 p.
3. Brichenkov S.N., Sokolova I.D. Study of the possibility of using a rotary table on milling machines. International Innovative Science, No. 9, 2015, p. 30–35.
4. Cherpakov B.I. Modernization of universal milling machines: the use of dividing attachments and fixtures that expand the technological capabilities of the equipment. Repair, restoration, modernization. № 12, 2004, p. 195–203.
5. Emelyanov A.V., Shilin A.N. Stepper motors: a training aid. Volgograd: VolgGTU, 2005. 32 p.
6. Tikhomirov E., Vasiliev V. Microprocessor control of the electric drives for CNC machines. M.: Mashinostroenie, 1990. 320 p.

Рецензія/Peer review : 24.11.2021

Надрукована/Printed :30.12.2021