УДК 621.9-114

**Н. Т. Зубовецька, Р. Г. Редько, І. В. Марчук**
*Луцький національний технічний університет*

# АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ НА ПРИКЛАДІ IP-500

***В даній статті підкреслено, що найбільш повна автоматизація основних і допоміжних процесів обробки отворів може бути досягнута на багатоцільових верстатах з числовим програмним управлінням. Адже багатоцільовий верстат є набагато більш серйозним придбанням, ніж будь-який інший. Основні переваги, якими забезпечують нас багатоцільові верстати - це менший час обробки, збільшення такту випуску, стабільність якості продукції, що випускається. Плюсом обробки за один установ є виключення похибки, що з'являється при перевстановленні заготовки.***

***Ключові слова:*** *верстат з ЧПУ, багатоцільове використання, програмне управління, автоматизація.*

**Н. Т. Зубовецкая, Р. Г. Редько, И. В. Марчук**

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ С ЧПУ НА ПРИМЕРЕ IP-500

***В данной статье подчеркнуто, что наиболее полная автоматизация основных и вспомогательных процессов обработки отверстий может быть достигнута на многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ведь многоцелевой станок намного более серьезным приобретением, чем любой другой. Основные преимущества, которыми обеспечивают нас многоцелевые станки- это меньшее время обработки, увеличение такта выпуска, стабильность качества выпускаемой продукции. Плюсом обработки за один установ является исключение погрешности, появляющейся при переустановке заготовки.***

***Ключевые слова:*** *станок с ЧПУ, многоцелевое использование, программное управление, автоматизация.*

**N. Subovetska, R. Redko, I. Marchuk**

## ANALYSIS OF MULTI-CNC FOR EXAMPLE, THE IP-500

***In this article emphasized thatthe most complete automation of main and auxiliary processing holes can be achieved in multi-tools with numerical control. After multipurpose machine is much more serious purchase than any other. The main advantages that provide us multipurpose stanki- is less processing time, increasing the exhaust stroke, the stability of product quality. The advantage of processing in a single setup is to eliminate error that appears when you reinstall the workpiece.***

***Keywords:*** *CNC machines, multi-use, control, automation.*

Верстатобудування належить до базових галузей машинобудування, від технічного стану якого багато в чому залежить рівень розвитку всієї економіки країни. Розвиток верстатобудування також є одним з найважливіших чинників забезпечення модернізації промисловості в цілому**.**

Можна відзначити, що останнім часом все більше переваг на підприємствах віддається верстатам з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Це пов'язано з широкими технологічними можливостями таких верстатів: вони дозволяють проводити чорнові і чистові операції за один установ, найкращим чином обробляти складні деталі (колеса турбін, гребні гвинти і збірні лопаті), прес-форми або деталі з важкооброблюваних матеріалів. Такі верстати стають незамінними у військовій, авіаційній, космічній та автомобільній галузях промисловості поряд з автоматичними лініями. Не малу роль відіграє чітке управління верстата. Під управлінням верстата прийнято розуміти сукупність впливів на його механізми, що забезпечують виконання технологічного циклу обробки, а під системою управління - пристрій або сукупність, що реалізують ці впливи.

Одним із завдань сучасного машинобудування є автоматизація одиничного і дрібносерійного виробництв. Ця проблема в даний час вирішується застосуванням автоматизованих технологічних комплексів на базі багатоцільових верстатів з ЧПУ. Багатоцільові верстати - це в основному одношпиндельні верстати з револьверними і шпиндельними головками. Багатоцільові верстати мають такі характерні особливості: наявність інструментального магазина, що забезпечує оснащеність великим числом ріжучих інструментів для високої концентрації операцій (чорнових, напівчистових і чистових), у тому числі точіння, розточування, фрезерування, свердління, зенкерування, розгортання, нарізання різьблень, контролю якості обробки та ін.; висока точність виконання чистових операцій (6 ... 7-й квалітети). Програмне управління (ЧПУ) - це управління, які встановлюють програму, записану на будь-якому носії масиву інформації. Інформаційні системи управління ЧПУ є дискретною і її обробка в управлінні здійснюється за допомогою цифрових методів. Управління робочий цикл здійснюється майже скрізь, логічні контролери реалізовані з принципами цифрових обчислювальних пристроїв.

*© Н.Т. Зубовецька, Р.Г. Редько, І.В. Марчук*

Системи ЧПУ практично витісняють інші типи системам управління. За технологічним призначенням і за функціональними можливостями системи ЧПУ поділяють на чотири групи:

- позиційні, у яких задають лише координати кінцевих точок становища виконавчих органів після виконання ними певних елементів робочого циклу;
- контурні, чи безперервні, управляючі рухом виконавчого органу з заданої криволінійної траєкторії;
- універсальні (комбіновані), у яких здійснюється програмування як переміщень при позиціонуванні, і руху виконавчих органів небалістичною траєкторією, і навіть зміни інструментів, і завантаження-розвантаження заготовок;
- багатоконтурні системи, щоб забезпечити одночасне чи послідовне управління функціонуванням низки вузлів і європейських механізмів верстата.

Для систем управління багатоцільових верстатів характерні сигналізація, цифрова індикація положення вузлів верстата, різні форми адаптивного управління.

Серцем верстата є інструментальний шпиндель, який може повертатися відносно осі. За рахунок цього, у верстата забезпечується складна траєкторія переміщення інструменту. Оснащені сучасною системою ЧПУ, багатоцільові верстати можуть виконувати операції, для яких раніше використовувалися більш складні верстати або навіть кілька верстатів. Конструкції багатоцільових верстатів постійно вдосконалюються, додається все більше нових можливостей. В якості опції можна замовити додатковий токарний шпиндель, а також револьверну головку для того, щоб покращити технологічні можливості, підвищити продуктивність та економічну ефективність обробки.

Багатоцільові верстати, які поєднують можливості токарних верстатів з ЧПУ, токарних і фрезерних обробних центрів, в даний час є однією з найбільш динамічно розвиваючих концепцій металообробки. Поєднання п'яти-координатної обробки з автоматичною зміною інструмента дозволяє виконувати безліч операцій. Можливо навіть виконання таких операцій як шліфування, зубофрезерування. Крім технологічної гнучкості отримується ще і висока надійність.

На багатоцільових верстатах можна повністю обробляти вали, корпуса, лопатки турбін, багато інших деталей. Крім того, ці верстати підходять для будь-якого типу виробництва - від масового до одиничного.

Також необхідно зауважити, що програмування багатоцільового верстата складніше, ніж токарних і фрезерних обробних центрів із ЧПУ, тому потрібен висококваліфікований персонал; через високу складності устаткування потрібне відповідне обслуговування і забезпечення безпеки роботи. Але ці завдання ефективно вирішуються верстатобудівниками, розвиваються системи управління та програмне забезпечення.

Багатоцільові верстати (оброблювальні центри) для обробки заготовок корпусних деталей. Багатоцільові верстати для обробки заготовок корпусних деталей підрозділяють на горизонтальні (рис.ЧПУ.1) і вертикальні (рис.ЧПУ.2).

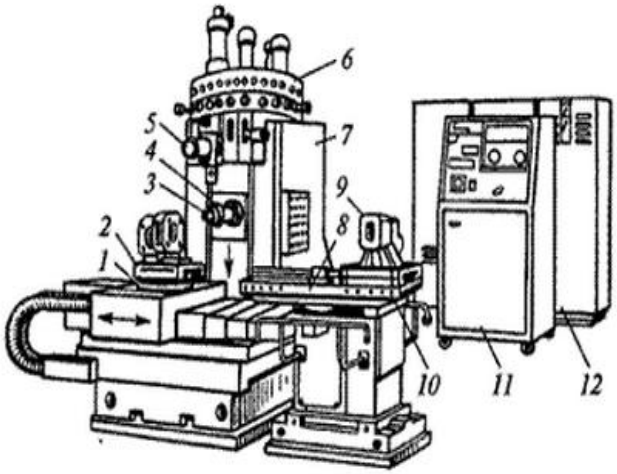



*Рис. 1.* **Горизонтальний багатоцільовий свердлильно-фрезерний-розточний верстат з ЧПУ:** *1* – **поворотний стіл;** *2* – **затискні приспосіблення;** *3* – **шпиндель;** *4* – **шпиндельна бабка;** 5 – **автооператор;** 6 – **інструментальний магазин;** *7* – **стійка;** *8* – **поворотна платформа;** *9* – **заготовка;** *10* – **стіл;** *11* – **система ЧПУ;** *12* – **шафа для електрообладнання**

© Н.Т. Зубовецька, Р Г. Редько, І.В. Марчук

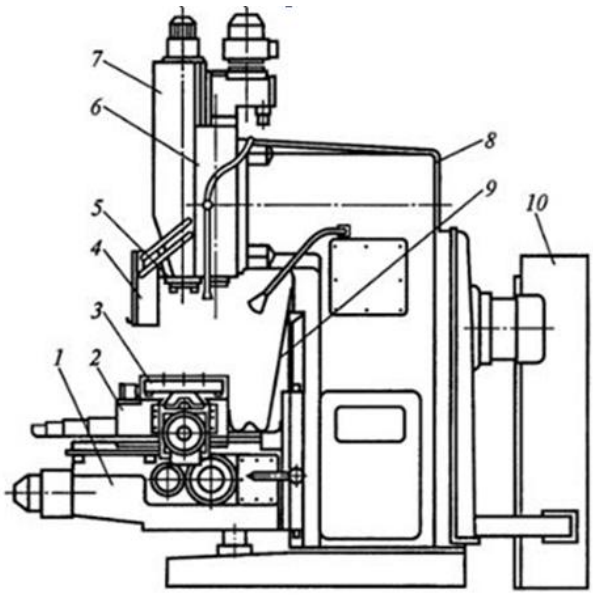



*Рис. 2.* **Вертикально фрезерний верстат з ЧПУ:**
*1* – **консоль;** *2* – **санчата;** *3* – **стіл;** *4* – **захисний щиток;** *5* – **шпиндель;** *6* – **фрезерна бабка;** *7* – **повзун;** *8* – **станина;** *9* – **кожух;** *10* – **шафа**

Обробка заготовок на багатоцільових верстатах в порівнянні з їх обробкою на фрезерних, свердлильних та інших верстатах з ЧПУ має ряд особливостей. Установка і кріплення заготовки повинні забезпечувати її обробку з усіх боків за один установ (вільний доступ інструментів до оброблюваних поверхонь), так як тільки в цьому випадку можлива багатостороння обробка без переналагодження.

Обробка на багатоцільових верстатах не вимагає, як правило, спеціального оснащення, так як кріплення заготовки здійснюється за допомогою упорів і прихватів. Багатоцільові верстати обладнані магазином інструментів, розміщених на шпиндельній головці, поруч з верстатом або в іншому місці. Для фрезерування площин використовують фрези невеликого діаметру і обробку проводять рядками. Консольний інструмент, застосовуваний для обробки неглибоких отворів, має підвищену жорсткість і, отже, забезпечує задану точність обробки. Отвори, що лежать на одній осі, але розташовані в паралельних стінках заготовки, розточують з двох сторін, повертаючи для цього стіл із заготовкою.

Якщо заготовки корпусних деталей мають групи однакових поверхонь і отворів, то для спрощення складання технологічного процесу і програми їх виготовлення, а також підвищення продуктивності обробки (в результаті скорочення допоміжного часу) в пам'ять ЧПУ верстата вводять постійні цикли найбільш часто повторюваних рухів (при свердлінні, фрезеруванні ). У цьому випадку програмується тільки цикл обробки першого отвору (поверхні), а для інших - задаються лише координати (X і Y) їх розташування.

На багатоцільових верстатах здійснюються майже всі процеси обробки різанням:

- свердління,
- зенкерування,
- розгортання,
- розточування,
- нарізання різьби,
- фрезерування площин і складних криволінійних поверхонь.

На верстатах можна обробляти різні кріпильні отвори за різноманітними постійним циклам:

- свердління,
- зенкерування,
- нарізання різьби,
- підрізання торців бобишок і т. д.

При цьому близьке розташування отворів не є перешкодою для їх обробки.

Виділяють три системи роботи верстатів з ЧПУ:

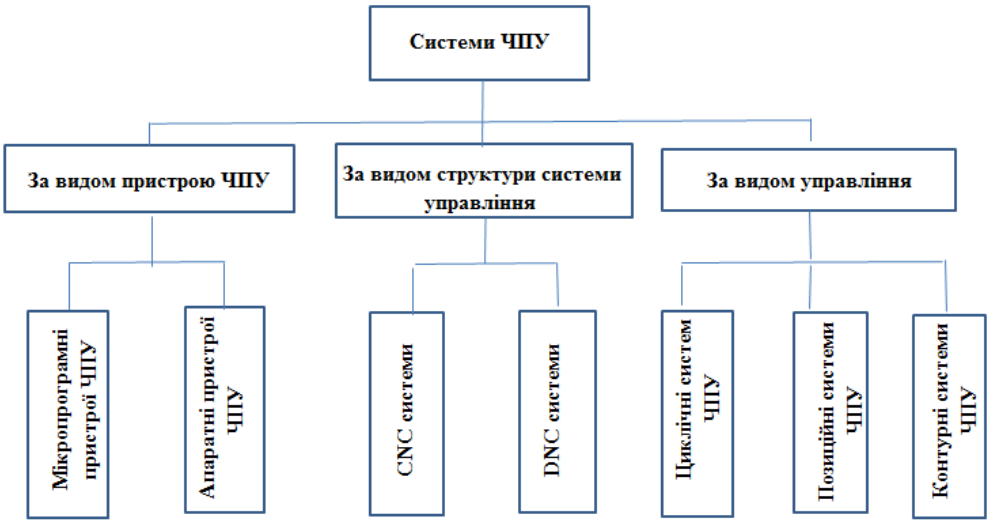
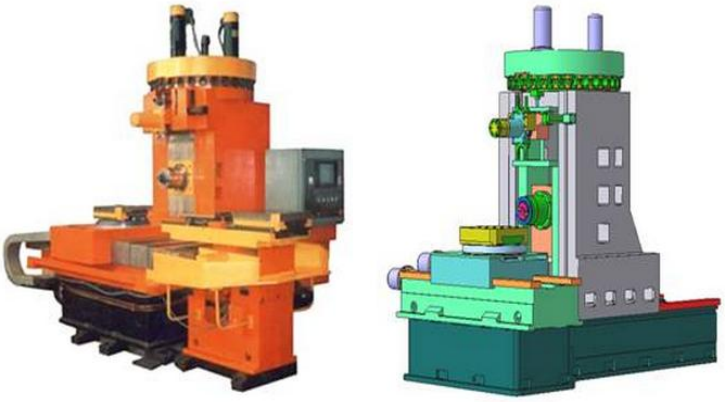



*Рис. 3.* **Системи роботи верстатів з ЧПУ**

Для кращого уявлення розглянемо загальний вигляд верстата на прикладі ІР-500



*а)* *б)*

*Рис. 4.* **Загальний вигляд верстата на прикладі ІР-500:**
*а)* **зовнішній вигляд;** *б)* **3D-модель пружної системи**

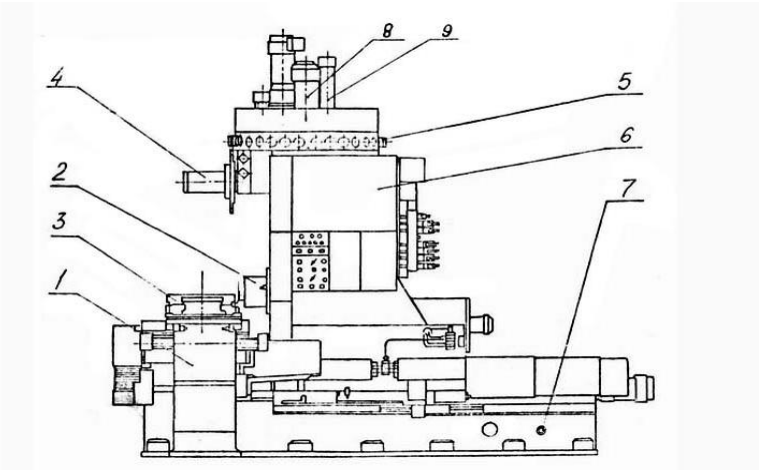



*Рис. 5.* **Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПУ ІР-500:**
*1* **– пристрій автоматичної заміни столів-супутників;** *2* **– шпиндельна бабка;** *3* **– стіл;**
*4* **– маніпулятор;** *5* **– інструментальний магазин;** *6* **– стійка;** *7* **– станина**

Також варто відмітити, що аналізуючи дослідження процесів механічної обробки різанням встановлено, що зменшення витрат на різальні інструменти на 30%, зменшує витрати на оброблення лише на 1%. Збільшення стійкості різального інструменту на 50%, зменшує витрати на оброблення також на 1%. А зростання продуктивності оброблення на 20% (зменшення основного часу оброблення), забезпечує зменшення витрат на оброблення на 15%.

Тому розглянемо режими різання для верстата з ЧПУ. Адже критерієм оптимізації є найбільша продуктивність обробки, при забезпеченні якої будуть одночасно досягатись і мінімальні витрати. За результатами досліджень технічних спеціалістів фірми Sandvik Coromant встановлено, що оптимальні значення продуктивності обробки та витрат на оброблення при використанні верстатів з ЧПУ розміщені достатньо близько і зона оптимальних швидкостей різання буде забезпечувати практично одночасний мінімум двох функцій (рис. 6).

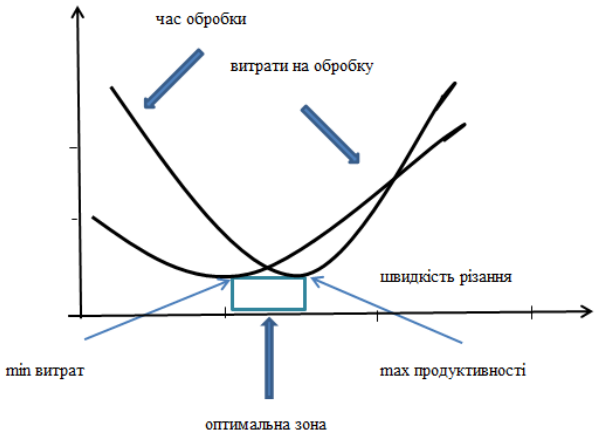



*Рис. 6.* **Вплив швидкості різання на час оброблення та витрати на оброблення**

Чим менше часу витрачається на виготовлення деталі, тим вище продуктивність праці. Під продуктивністю праці розуміють кількість продукції, виробленої в одиницю часу. Продуктивність праці залежить від конструкції верстата і його технічного стану, кваліфікації верстатника, оснащеності верстата необхідним і ріжучим допоміжним інструментом, від застосування прогресивної технології і т. д. Продуктивність праці робітника визначається кількістю заготовок, що обробляються на даному робочому місці, в одиницю часу (годину або зміну).

На практиці виробничий процес будь-якого заводу або цеху включає технологічні процеси, характерні для одиничного і серійного виробництва. Таким чином прогресивність технологічного процесу визначається насамперед застосуванням найбільш досконалих заготовок, у яких форма і розміри наближаються до готової деталі. Продуктивність праці значною мірою залежить від кваліфікації верстатника, досконалості його навичок і використанні передового досвіду новаторів і досягнень науки і техніки.

Застосування швидкісного різання ставить підвищені вимоги до жорсткості системи верстат-приспосіблення - інструмент - деталь, так як при її недостатній жорсткості виникають вібрації знижується стійкість ріжучого інструмента і погіршується якість обробленої поверхні.

1. Авер'янова І. О. Порівняльний аналіз технології виготовлення продукції при диверсифікації виробництва // Изв. Тульського державного університету. Сер. Технічні науки. – 2010 Вип. 4. Ч. 1. – С. 131-137.
2. Черпаков Б. І., Авер'янов О. І., Адоян Г. А. та ін. Машинобудування. Енциклопедія. Т. 4 - 7 / під ред. Б. І. Черпакова. - М.: Машинобудування, 2001. - 863 с.
3. Юденков Н. П. Сучасні світові тенденції розвитку металообробного обладнання // Праці міжнародного верстатобудівного форуму «Сучасні тенденції в технологіях і конструкціях металообробного обладнання ». - М.: ВНІІТЕРМ, 2011. – С. 8 - 11.
4. Авер'янова І. О. Ефективне використання металообробних верстатів з ЧПУ: монографія. - М.: МГИУ, 2012. - 305 с.
5. Авер'янов О. І. Модульний принцип побудови верстатів з ЧПУ. - М.: Машинобудування, 1987. - 232 с.
6. Кузнєцов Ю. І. Технологічна оснастка до верстатів з програмним управленіем.-М :. Машинобудування, 1976.-224 с.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2015.

*© Н.Т. Зубовецька, Р.Г. Редько, І.В. Марчук*