

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВЕРСТАТНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ В МАШИНОБУДУВАННІ

Veselovska N.
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsya, Ukraine (wnatalia@mail.ru)

ANALYSIS OF CURRENT MACHINE-TOOL COMPLEXES MACHINING IN ENGINEERING

Резюме. Механообробка обладнання є одним з головних факторів, що визначають розвиток народного господарства країни. Ефективність його використання напряму впливає на виробництво нових машин для всіх галузей промисловості, сільськогосподарського господарства тощо, а це характеризує рівень життя суспільства. В даний час жодна країна не виробляє всієї потрібної номенклатури обладнання, спеціалізуючись лише на деяких його типах. Проте рівень розвитку сучасного виробництва вимагає використання практично всієї номенклатури механообробного та супутнього допоміжного обладнання. Тому ознайомлення з тенденціями розвитку і функціональними можливостями верстатів не лише викликає інтерес, але й є необхідним при виготовленні сучасних машин.

Станочные комплексы являются качественно новым уровнем технической оснастки и организации производственных процессов, которые определяются использованием не только высокоавтоматизированного основного, но и вспомогательного технологического оборудования. В статье рассмотрен анализ современного состояния станочных комплексов механической обработки в машиностроении. Предложена классификация станочных комплексов.

Ключевые слова: станок, станочный комплекс, технологическое оборудование, производственный процесс, классификация, эффективность.

Вступ

Механообробне обладнання є одним з головних чинників, що визначають розвиток народного господарства країни. Ефективність його використання безпосередньо впливає на виробництво нових машин для всіх галузей промисловості, сільськогосподарського господарства тощо, а це характеризує рівень життя суспільства. В даний час жодна країна не виробляє всієї потрібної номенклатури обладнання, спеціалізуючись лише на деяких його типах. Проте рівень розвитку сучасного виробництва вимагає використання практично всієї номенклатури механообробного та супутнього допоміжного обладнання. Тому ознайомлення з тенденціями розвитку і функціональними можливостями верстатів не лише викликає інтерес, але й є необхідним при виготовленні сучасних машин.

Основна частина

Поняття «металорізальні верстати» включає [1-3, 5, 7, 8]: безпосередньо верстати для роботи в різних типах виробництва (окремі верстати, автоматизовані та автоматичні лінії, виробничі системи тощо); комплектуючі для виробництва металорізальних верстатів універсального призначення (двигуни, шпindelні вузли, напрямні, кульково-гвинтові пари).

Сучасний верстат на 50...70 % складається з таких комплектуючих: пристосування, що забезпечують використання верстатів для конкретного виробництва; системи керування разом з відповідним комп'ютерним обладнанням (не дивлячись на те, що такою продукцією займаються підприємства з виробництва електроніки, вони завжди орієнтовані на потреби виробників верстатів; контрольно-вимірювальні пристосування, машини, системи спостереження та діагностики; комп'ютерні системи і пакети прикладних програм для розробки конструкцій, технології, планування і організації виробництва; різучі інструменти та інструментальне оснащення).

Вдосконалення верстатів направлене на раціоналізацію та інтенсифікацію виробництва. Конструкції сучасних верстатів повинні задовольняти якісно нові потреби промисловості – забезпечення високої продуктивності й економічності роботи в межах вимог екології та охорони довкілля. У відповідних дослідженнях [1, 5, 8] автори відзначають високий технічний рівень металорізальних верстатів у порівнянні з іншими технологічними машинами і передбачають їх подальший розвиток за рахунок: підвищення швидкості різання до рівня, максимально допустимого з точки зору безпеки роботи верстата (згідно з європейськими

нормами такі швидкості не перевищують 1000 м/хв., а досягнута на даний час швидкість до 100000 м/хв. забезпечує процес, який отримав назву «обробка з надвисокими швидкостями»; обробки променем лазера, що використовується як інструмент; обробки без використання технологічних засобів, що є одним з основних джерел забруднення довкілля; забезпечення точності обробки деталей із загартованих сталей на верстатах, що дозволяють уникнути виключити дорогого та екологічно небезпечного процесу шліфування; підвищення продуктивності і надійності верстатів, що може бути забезпечене двома способами.

Перший з них базується на скороченні кількості дій, пов'язаних з налагодженням і ремонтом верстата шляхом використання перевірених технічних рішень при проектуванні деталей та вузлів верстата з нових високоміцних конструкційних матеріалів, що зумовлюють їх високу зносостійкість. Другий спосіб — оснащення верстата датчиками і системами спостереження, діагностування та моніторингу, які розпізнають відхилення в роботі і сигналізують про це перш, ніж настане відмова верстата. Такі системи можуть бути використані також при ремонті верстата.

Особливістю сучасних верстатів є автоматизація їх робочого циклу, легкість обслуговування, робота з обмеженою участю оператора, автоматизований нагляд і діагностика умов роботи верстата та процесу обробки, контроль розмірів і точності обробки. Тобто під автоматизацією слід розуміти разом, із забезпеченням роботи «без людей», «розумність» функціонування, тобто самообслуговування і оцінку змін умов роботи в часі, введення необхідних коректив, контроль якості обробки, можливість прийняття рішень [4] при використанні сучасної комп'ютерної техніки та програмного забезпечення. Висока точність механічної обробки є однією з основних вимог до сучасного верстата, що визначає його конкурентоспроможність. На точність обробки впливають: геометрична точність верстата, зокрема взаємна перпендикулярність і паралельність поверхонь столів, осей шпинделя, револьверних головок, поворотних столів, а також точне з'єднання всіх деталей і вузлів; статичні, динамічні й термічні властивості конструкції; надійність системи керування верстатів; точність систем виміру переміщень вузлів верстатів, що забезпечує точність позиціонування в межах $\pm 0,001$ мкм. Окрім перерахованих чинників важливу роль в забезпеченні точності обробки відіграють: точність роботи сервоприводів, можливість контролю оброблених деталей, знос ріжучих інструментів, діагностування стану верстата тощо. Виробництво та функціональні можливості верстатів максимально адаптуються до вимог споживача. Одним із напрямків цих вимог є використання модулів. Такий підхід традиційно використовувався і використовується при виробництві агрегатних верстатів, проте останніми роками він поширюється і на виробництво верстатів з ЧПК і оброблювальних центрів, які забезпечують обробку заготовок різними інструментами, що робить їх багатофункціональними.

До таких верстатів висуваються вимоги щодо їх швидкого та гнучкого переоснащення й переналагодження для обробки нових деталей, що досягається оптимізацією робочого простору за рахунок вільного переміщення всіх робочих органів, доступністю для наладчика та простою обслуговування. В разі ручної заміни заготовок і інструментів також забезпечується їх легка доступність, а при автоматизації цих функцій — вільний простір для маніпулювання, гарантоване очищення елементів базування та закріплення від забруднення, простота налагодження й обслуговування, що не вимагає тривалого навчання. Зміна конструктивної структури верстатів дає можливість виконання різних технологічних операцій з високою точністю обробки, збільшення продуктивності та надійності роботи, що досягається в результаті різкого підвищення швидкостей переміщень і, як наслідок, зниження часу робочого циклу. Підвищення потужності приводів забезпечує скорочення часу обробки внаслідок зростання швидкостей переміщень, швидкості видалення стружки.

Нові покоління верстатів завжди з'являються як наслідок вирішення актуальних проблем суспільного виробництва і передбачають пристосованість верстата до людини. Магістральним напрямком розвитку конструкцій є широка автоматизація виробництва, комплексні технології та широке використання інформаційних технологій. Більшість обладнання, що випускається, пристосована для роботи у складі автоматизованих ділянок, цехів. Досить часто автоматизовані виробництва інтегруються з інформаційними системами підприємств, що дозволяє верстатам виконувати безліч таких нових функцій, як діагностування стану інструменту та верстата тощо.

Сучасний стан промисловості країни вимагає прискореного розвитку і переоснащення машинобудівних виробництв, що є базою та джерелом розвитку всієї решти галузей, на основі впровадження прогресивних технологій, високопродуктивного обладнання з пристроями числового програмного керування. Перед сучасною галуззю машинобудування стоять такі актуальні проблеми, як:

- повна автоматизація виробництва, що ґрунтується на створенні автоматизованих верстатних комплексів, властивості яких повинні бути адекватними умовам виробництва та забезпечувати параметри функціонування процесу повної обробки подібних виробів [6, 9];

- підвищення ефективності, точності, надійності, продуктивності та довговічності верстатних комплексів на основі розширення їх функціональних можливостей.

Верстатні системи є якісно новим рівнем технічного оснащення та організації виробничих процесів, які визначаються використанням не тільки високоавтоматизованого основного технологічного обладнання, але й таких складових, як автоматизовані транспортно-накопичувальні підсистеми, контрольно-вимірвальна і

діагностична апаратура, засоби обчислювальної техніки, що безпосередньо беруть участь у виробничому процесі й забезпечують автоматизацію функцій технологічного, організаційно-технічного та організаційно-економічного керування процесами виготовлення продукції.

Подальший розвиток інформаційних технологій приводить до того, що верстати з технологічних осередків перетворюються на виробничі системи, об'єднані єдиною інформаційною мережею. Тому серед головних вимог до сучасних верстатних комплексів необхідно виділити такі:

- вбудовування систем контролю за процесом виготовлення деталей і систем діагностики якості механічної обробки деталей на верстатах;
- модульний принцип побудови верстатів, який дозволяє забезпечити створення нових верстатів в стислі терміни, знизити витрати і скоротити час споживачеві при переході на випуск нової продукції;
- можливість проведення процесу обробки деталі повністю на одному верстаті за рахунок використання паралельної і гібридної кінематики;
- розширення ринку інформаційних технологій та використання сучасних верстатних комплексів.

При сучасному рівні розвитку техніки найважливішою формою машинобудівного виробництва є автоматизоване виробництво. Сучасне автоматизоване виробництво може бути визначене як комп'ютерно-інтегроване, що зв'язує воедино всі процеси від проектування – і до виготовлення виробів заданої номенклатури. Найважливішою складовою такого виробництва є інтегрована система проектування й керування технологічним процесом, а саме технологічна система. При цьому сучасна технологічна система містить три складові підсистеми: обладнання, проектування - планування технологічних операцій, виготовлення виробів і контролю. Сукупність цих систем направлена на пристосування технологічного обладнання верстатних комплексів для виготовлення заданого виробу у встановленому режимі роботи з необхідними якісними і кількісними показниками. Для досягнення цієї мети верстатні комплекси оснащують відповідним інструментом. Спільне використання автоматичного обладнання і оснащення, що забезпечує досягнення основної мети виробництва - випуск продукції, дозволяє застосувати узагальнювальний термін - засоби технологічного оснащення.

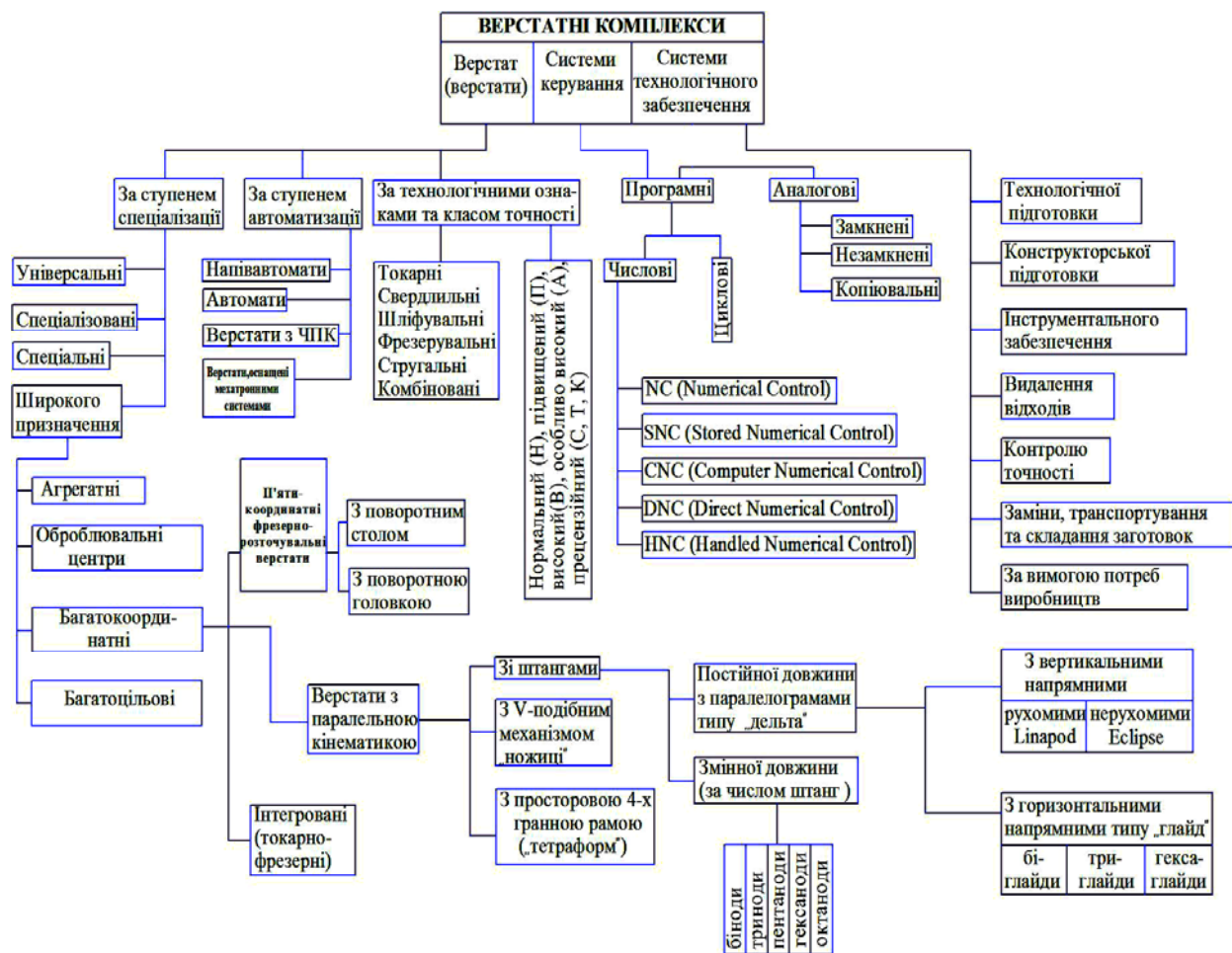


Рис. 1. Класифікація верстатних комплексів

Сучасні верстатні комплекси можна розглядати як сукупність систем (рис. 1) верстата (або верстатів), засобів керування та технологічного забезпечення. Кожна з них відповідає своєму функціональному призначенню, має свою структуру. Структура цих систем може бути подана у вигляді відповідної класифікації за відомими ознаками. Система верстата розглядається за ознаками «технологічне призначення та клас точності», «ступінь автоматизації» та «ступінь спеціалізації».

В класифікації пропонується розширення змістовних ознак ступеня автоматизації за рахунок додаткового поняття «мехатронні». Детальний розгляд цих ознак відомий, тому їх складові наведені блоками. Що стосується ознаки «ступінь спеціалізації», то її складову - «широкого призначення» пропонується розглядати більш детально за складовими «агрегатні верстати – оброблювальні центри - багатокоординатні верстати». Це, в першу чергу, викликано тим, що складова відповідає напрямку досліджень – розширенню функціональних можливостей верстатних комплексів, а багатокоординатні верстати є найбільш сучасним механооброблювальним обладнанням. В складову ознаку «багатокоординатні» верстати запропоновано ввести верстати «з паралельною кінематикою» поряд з «фрезерними» та «токарно-фрезерними», або інтегрованими.

За конструктивними ознаками верстати «з паралельною кінематикою» доцільно розглядати (за пропозицією вчених Кузнецова Ю.М., Струтинського В. Б., Павленка І. І., Луціва І. В.) за конструктивними ознаками, до яких віднесені типи несучих ланок у вигляді важільних механізмів «штанг», «V-подібних механізмів (ножиць)» і просторових механізмів «з чотиригранними рамами (тетраформів)». Важільні механізми типу штанг поділяються за ознаками їх довжини (постійної та змінної довжини). За допомогою штанг постійної довжини утворюються верстати з вертикальними рухомими (Linarpod) та нерухомими (Eclipse) напрямними та горизонтальними напрямними типу глайд (біглайди, триглайди, гексаглайди). Верстати паралельної кінематики зі штангами змінної довжини підрозділяються за числом штанг (біподи, триподи, пентаподи, октаподи).

Функціонування багатокоординатних верстатів підтримує система технологічного забезпечення, що в класифікації відображено підсистемами: технологічної підготовки; конструкторської підготовки; інструментального забезпечення; видалення відходів; контролю точності; заміни, транспортування та складування заготовок; резервної підсистеми, що формується на вимогу виробника. Серед верстатів широкого призначення відмічено застосування саме цих систем технологічної підготовки. Найбільше прикладів застосування припадає на верстати «багатокоординатні», за допомогою яких розширюються функціональні можливості верстатних комплексів. Невід’ємною складовою верстатних комплексів є системи керування. На сучасних верстатах, зокрема багатокоординатних, використовують програмовані системи керування (NC, SNC, CNC, DNC, HNC). За ступенем автоматизації ці верстати фактично є «мехатронними системами». В сучасних процесах механічної обробки використовуються верстати широкого призначення (див. рис. 1), які після розширення, на початку 70-х років XX століття, функціональних можливостей верстатів з ЧПК, набули вигляду сучасних верстатних комплексів (рис. 1.2-1.4).

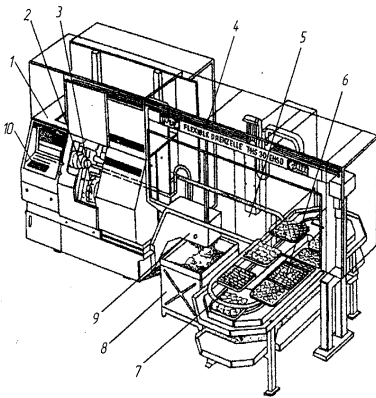


Рис. 2. Токарний верстат:
 1-токарний багатоциліндровий верстат; 2-шпиндель;
 3-револьверна головка;
 4-промисловий робот для зміни деталей;
 5-маніпулятор;
 6-універсальна палета;
 7-магазин палет; 8-бункер для стружки; 9-транспортер для стружки; 10-система керування

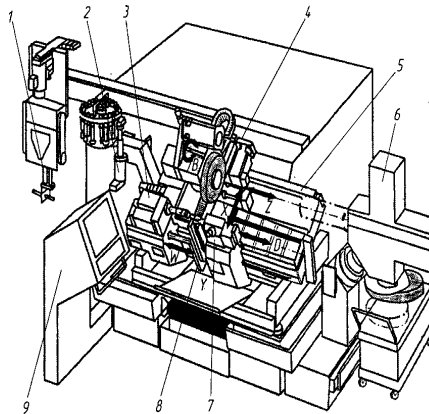


Рис. 3. Шліфувальний верстат:
 1-маніпулятор заміни виробів;
 2-маніпулятор заміни електрошпинделів для внутрішнього шліфування;
 3-шпиндель виробу;
 4-шліфувальний шпиндель;
 5-напрявні; 6-маніпулятор зміни шліфувальних кругів;
 7-задня бабка;
 8-вимірювальний пристрій;
 9-система керування

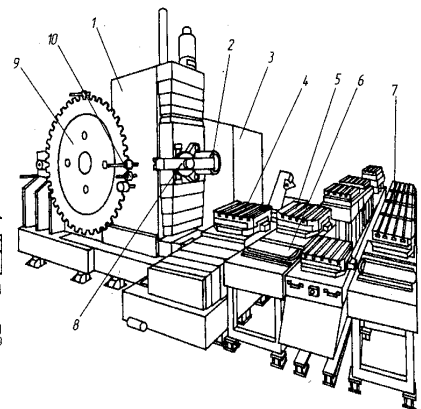


Рис. 4. Фрезерувальний верстат:
 1-багатоциліндровий верстат;
 маніпулятор заміни виробів;
 2-шпиндель; 3-система керування; 4-стіл з палетою;
 5-палета; 6-прилад для зміни палет; 7-магазин палет;
 8-зміна інструменту; 9-магазин;
 10-інструменти

Слід зазначити, що найширше застосовуються верстатні комплекси на основі п'яти координатних верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальних для обробки будь-якою поверхні (площинні, циліндричні, сферичні), комбінації яких дозволяють утворювати складні за конфігурацією і обробкою корпусні та інші деталі. Найбільш поширені верстати такого типу наведено на рис. 5-7. На рис. 5 наведено конструктивну схему (рис. 5, а) та фото (рис. 5,б) вертикально-фрезерного консольного верстату із поворотною платформою (столом). Верстат призначено для обробки деталей складної форми типу дисків, плит, важелів, корпусних деталей із різних сталей та сплавів за рахунок можливості фрезерування площин та пазів, свердління, розвертування та попереднього розточування отворів. Обробка проводиться за п'ятьма координатами за визначеною програмою. На рис. 6 наведено конструктивну схему (рис. 6, а) та фото (рис. 6,б) безконсольного вертикально-фрезерного верстата з поворотною головкою та терпен-дикулярними осями повороту головки й шпинделя. Верстат виконує комплексну механічну обробку багатогабаритних деталей зі складними аеродинамічними поверхнями з різних сталей та сплавів; забезпечує фрезерування площин і пазів, відступів, криволінійних контурів, свердління, розгортання та попереднє розточування отворів, нарізання різьби мечиком. Обробка проводиться за п'ятьма координатами за певною програмою. На рис. 7 наведено конструктивну схему (рис. 7,а) та фото рис. 7,б) безконсольного вертикально-фрезерного верстата з поворотною головкою, осі повороту якої перетинаються під кутом 45° . Верстат виконує комплексну механічну обробку деталей складних конфігурацій з різних сталей та сплавів. На верстаті можлива обробка опуклих та вгнутих площин подвійної кривизни за допомогою кінцевих фасонних фрез. Інформаційний потік забезпечує повну обробку деталі з усіх боків. Подача заготовки фронтальна та профільна. Всі зазначені можливості виконуються за допомогою шпиндельної головки (рис. 7, в).

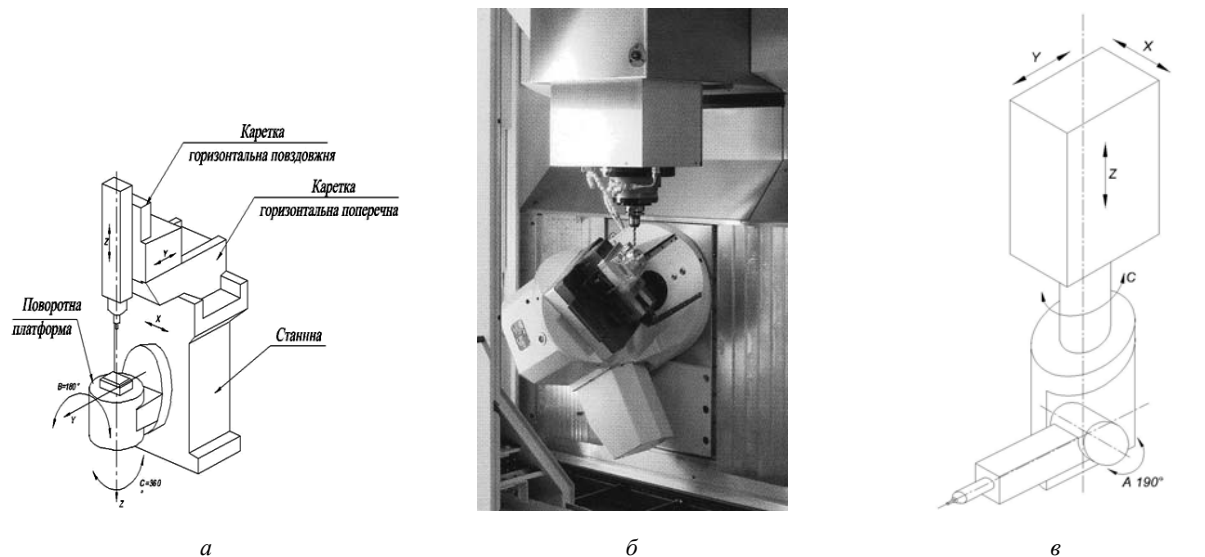


Рис. 5. Вертикально-фрезерний консольний верстат із поворотною платформою (столом): а) конструктивна схема, б) фото, в) принципова схема

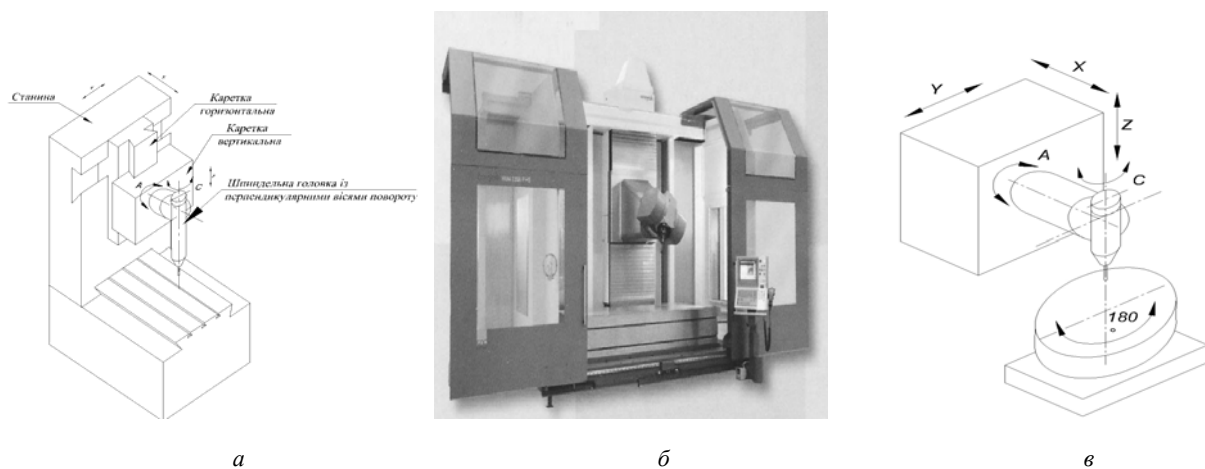


Рис. 6. Безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головкою та перпендикулярними осями повороту головки і шпинделя: а) конструктивна схема, б) фото, в) принципова схема

Підвищення ефективності механічного обладнання потребує пошуку шляхів і методів вдосконалення механізмів. Одним із перспективних напрямків розвитку машинобудування є розробка механізмів нетрадиційної компоновки із паралельними кінематичними зв'язками [1, 5]. Для розширення функціональних можливостей верстатних комплексів в останні роки застосовують верстати з паралельною кінематикою, наприклад, триподи, гексаподи, гексаглайди (рис. 8-9) [1].

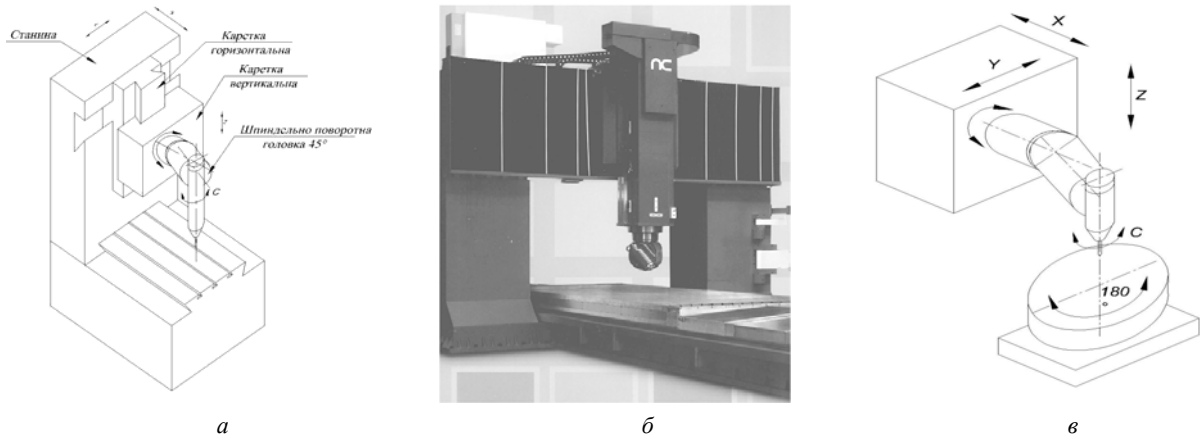
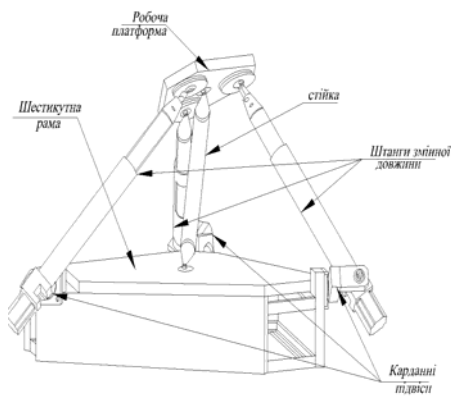


Рис.7. Безконсольний вертикально-фрезерний верстат із поворотною головкою, осі повороту якої перетинаються під кутом 45° : а) конструктивна схема, б) фото, в) принципова схема

Удосконалені сучасні верстатні комплекси із традиційною та паралельною кінематикою широко застосовуються в авіакосмічній, автомобільній, кораблебудівній та інших машинобудівних галузях промисловості.



Обробка всіх деталей з обмеженнями $\alpha=30$, подача заготовки в площині платформи та у верхній півсфері

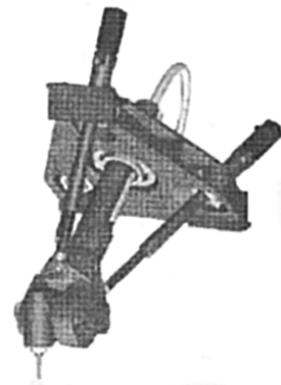
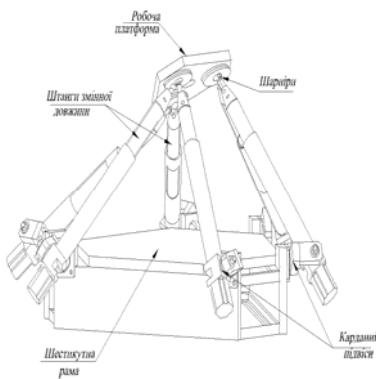


Рис. 8. Конструктивні рішення механізмів триподів



Обробка всіх деталей з обмеженням $\alpha \leq 40$, подача заготовки в площині платформи та у верхній півсфері



Рис. 9. Конструктивні рішення механізмів типу гексапод

Висновки

Сучасний стан промисловості та економіки України в значній мірі вимагає прискореного розвитку й переобладнання виробничих систем машинобудівних виробництв, які є базою і джерелом розвитку всіх галузей, за рахунок впровадження прогресивних технологій, високопродуктивного механообробного обладнання, технологічних комплексів, виробничих модулів і систем керування. Як показує світовий досвід, основною тенденцією розвитку машинобудівних виробництв є створення й впровадження верстатних комплексів у вигляді гнучких виробничих модулів з автоматизованою системою керування та гнучких виробничих осередків. Запропонована класифікація цих сучасних верстатних комплексів (рис.1) з якісно новим рівнем технічного оснащення та організації виробничих процесів, які визначаються використанням не тільки високоавтоматизованого основного технологічного обладнання, але і таких складових, як автоматизовані транспортно-накопичувальні підсистеми, контрольно-вимірювальна і діагностична апаратура, засобів обчислювальної техніки, що безпосередньо беруть участь у виробничому процесі і забезпечують автоматизацію функцій технологічного, організаційно-технічного та організаційно-економічного керування процесами виготовлення продукції, створенні гнучкої виробничої системи. Сучасний верстатний комплекс, введений у ці системи, - це переналаджувальна на задану номенклатуру виробів одиниця основного технологічного обладнання, оснащена пристроями програмного керування, заміни інструменту, виробів (автооператором або роботом), накопичувачами початкового матеріалу та напівфабрикатів, пристроями видалення відходів, контролю та підналагодження технологічного процесу, а також корекції якості виробу. Він може працювати в автоматизованому режимі і бути вмонтованим в систему більш високого рангу. Ефективність використання верстатних комплексів значною мірою визначається функціональним призначенням системи керування обладнанням, яка приймається як базова для основного технологічного обладнання.

***Анотація.** Механообробне обладнання є одним з головних чинників, що визначають розвиток народного господарства країни. Ефективність його використання безпосередньо впливає на виробництво нових машин для всіх галузей промисловості, сільськогосподарства тощо, а це характеризує рівень життя суспільства. В даний час жодна країна не виробляє всієї потрібної номенклатури обладнання, спеціалізуючись лише на деяких його типах. Проте рівень розвитку сучасного виробництва вимагає використання практично всієї номенклатури механообробного та супутнього допоміжного обладнання. Тому ознайомлення з тенденціями розвитку і функціональними можливостями верстатів не лише викликає інтерес, але й є необхідним при розробці і виготовленні сучасних машин.*

Верстатні комплекси є якісно новим рівнем технічного оснащення і організації виробничих процесів, які визначаються використанням не тільки високоавтоматизованого основного, а й допоміжного технологічного обладнання. У статті розглянуто аналіз сучасного стану верстатних комплексів механічної обробки в машинобудуванні. Запропоновано класифікацію верстатних комплексів.

***Ключові слова:** верстат, верстатний комплекс, технологічне обладнання, виробничий процес, класифікація, ефективність.*

***Abstract.** Purpose. Machine-tool complexes are high-quality the new level of the technical rigging and organization of production processes which are determined the use of not only the high-automated basic but also auxiliary technological equipment. In the article the analysis of the modern state of machine-tool complexes of tooling is considered in an engineer. Classification of machine-tool complexes is offered.*

Design/methodology/approach. Machining equipment is one of the main factors that determine the development of national economy. The effectiveness of using it directly affects the production of new machines for all industries, agriculture etc., which characterizes the level of society. Currently, no country produces all the necessary range of equipment, specializing only in some of its types. However, the level of modern manufacture requires the use of almost all kinds of machining and related auxiliary equipment. Therefore, review of trends and features tools not only causes concern, but is essential in developing and manufacturing modern machines.

Findings. The classification of modern machine systems with qualitatively new level of technical equipment and organization of production processes, which are determined by using not only main process equipment, but also components such as automated transport and storage subsystems, control and measurement and diagnostic equipment, computer, directly involved in the manufacturing process and provide automation features of technological, organizational, technical, organizational and economic control of production processes, creating a flexible manufacturing system. The modern complex machine, introduced in these systems on a given range of products unit of the main technological equipment, devices equipped with software control, replacement tools, products drives the initial material and intermediate products, devices, waste management, control and technological process and correction of quality products. It can operate in automatic mode and be integrated into the system of higher rank. Efficiency of machine systems is largely determined by the functional purpose of control equipment that is taken as a base for the main process equipment.

***Keywords:** machines, machine complex, technological equipment, production process, the classification performance.*

1. *Агрегатно-модульне технологічне обладнання* : в 3-х ч. [кол. авторів під ред. Ю. М. Кузнецова]. – Кіровоград : Імекс ЛТД, 2004. - I ч. - 442 с; II ч. - 286 с; III ч. - 507 с.
2. *Базров Б. М.* Основы технологии машиностроения / Б. М. Базров. - М.: Машиностроение, 2007. - 736 с.
3. *Веселовська Н. Р.* Перспективи розвитку гнучких комп'ютерно-інтегрованих виробничих систем / Н. Р. Веселовська, В. Б. Струтинський, О. В. Зелінська // "Наукові нотатки": Міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка"), Луцьк: Луцький державний технічний університет.-2009. - Випуск № 25, частина 1.- С.53-64.
4. *Орлов А. И.* Теория принятия решений: [учебное пособие] / А. И. Орлов. – М.: „Март”, 2004. – 656 с.
5. *Павленко І.І.* Промислові роботи:основи розрахунку та проектування/ І. І. Павленко. Кіровоград : КНТУ, 2007. – 420с.
6. *Пуховский Е. С.* Технологические основы гибкого автоматизированного производства / Пуховский Е. С. - К.: Выща школа, 1989. - 240 с.
7. *Схиртладзе А. Г.* Металлорежущие станки с программным управлением и подготовка программ / А. Г. Схиртладзе , В. И. Соколов. - Харьков.: ХПИ,1992. - 255 с.
8. *Шарин Ю. С.* Станки с числовым управлением. М.: Машиностроение, 1976. 149 с.
9. *Шпур Г.Н., Краузе Ф. Л.* Автоматизированное проектирование в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1988. - 648с.

REFERENCE

1. *Агрегатно-модульне технологічне обладнання* [Aggregate-leading supplier of modular tehnologichne]: w 3x z.[kol.avtoriv pid red. U.M. Kuzniecova].Kirovograd: Imeks LTD, 2004. I z. 442 p; II z. 286 p; III z. 507 p.
2. *Bazrov B.M.* Osnovy tehnologii mazinostroenia [Fundamentals of Mechanical Engineering] Moscow: mechanical engineering, 2007, 736 p.
3. *N.R.Veselovska , V.B.Strutyns'kyy, O.V.Zelins'ka* [Prospects for flexible computer-integrated manufacturing systems, "Research Notes": Interuniversity Collection (in "Engineering Mechanics") Lutsk: Lutsk State Technical universytet]2009. no 25, pp.53-64.
4. *Orlov A.I.* Teoria priniatia rezeniy: [Theory of Decision]. Moscow: „Mart”, 2004. 656 p.
5. *Pavlenko I.I.* Promyslovi roboty:osnovy rozrakhunku ta proektuvannia [Industrial robots: the basics of calculating and designing]. Kirovograd: KNTU, 2007. 420 p.
6. *Pukovskii E.S.* Tehnologizeskie osnovy gibkogo avtomatizirovanogo proizvodstva[Technological principles of flexible automated production] Kyiv: Vyza zkola, 1989. 240 p.
7. *Sxirladze A.G., V.I.Sokolov* Metallorezysie stanki s programnym upravlenniem i podgotovka program [Machine tools with program management and training programs]. Kharkov: XPI,1992. 255 p.
8. *Sarin U.S.* Stanki s zislovym upravleniem [numerically controlled machine tools. Moscow]. mechanical engineering, 1976. 149 p.
9. *Spur G.N., Krauze F.L.* Awtomatizirovanoe proektirovanie w mashinostroenii [Aided design in mechanical engineering. Moscow]: mechanical engineering, 1988. 648 p.