

МОЖЛИВОСТІ Й ПЕРЕВАГИ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Металорізальним верстатом з ЧПК називають верстат, керований за допомогою обчислювальних пристроїв від програми, яка містить всю необхідну інформацію для обробки деталі (послідовність обробки поверхонь, величини переміщень виконавчих органів, режими обробки тощо). Відповідно до введеної програми керування верстат здійснює робочі та допоміжні рухи виконавчих органів для отримання оброблюваної деталі належної якості.

Порівнюючи можливості верстатів з ЧПК з їх універсальними аналогами, можна констатувати істотні переваги цих верстатів.

Продуктивність обробки на верстатах з ЧПК у 1,5–5 разів підвищується за рахунок скорочення основного й допоміжного часу на переустановки деталі, зменшення кількості операцій, концентрації обробки на меншій кількості верстатів, зниження втрат на міжопераційне транспортування, зростання швидкості руху робочих органів під час обробки і холостих ходів.

Спрощується обробка складних криволінійних поверхонь — немає потреби у виготовленні спеціальних копирів та розмітці, проведенні спеціальних підгінних робіт. Зникає потреба виготовлення складних пристроїв — кондукторів для виконання свердлильно-розточувальних робіт. У результаті істотно скорочуються затрати на виробництво і терміни його підготовки.

Стала можливою обробка в недоступних для універсального верстата місцях — різноманітні внутрішні кармани, канавки, поверхні складної конфігурації тощо.

Скорочується час на контроль деталі та підналагодження верстата. Зменшується процент браку та розсіювання розмірів деталей в партії, що поліпшує якість наступної операції.

Знижується потреба у висококваліфікованих робітниках. Оператором може бути верстатник невисокої кваліфікації.

На якість обробки деталей менше впливає людський фактор — втомлюваність. Завдяки поліпшенню умов праці, підвищенню культури виробництва робітник уже не є безвідривним учасником процесу. Він може водночас обслуговувати кілька верстатів.

Виробничий процес став стабільнішим, з більш прогнозованими результатами і терміном обробки, що зумовлює зменшення запасу незавершеного виробництва. Це сприяє якіснішому плануванню та досконалішій організації праці.

Верстати з ЧПК — основна складова гнучких автоматизованих ліній, роботизованих технологічних комплексів, дільниць, цехів, кількість яких збільшується. Керування такими комплексами відбувається з одного центру, за допомогою однієї програми, з використанням маніпуляторів для переміщення деталі з одного верстата на інший.

Разом з універсальними прототипами верстати з ЧПК розширюють функціональні й технологічні можливості: точність обробки і геометричної орієнтації поверхонь, шорсткість поверхні, швидкість переміщення і точність позиціонування робочих органів. Поява прогресивного різального інструменту і жорсткого металорізального обладнання сприяє інтенсифікації режимів обробки, поширенню застосування лезвійного інструменту на гартовані поверхні, уможливорює високошвидкісну обробку (ВШО).

Постійно збільшується кількість програмованих функцій верстатів з ЧПК. Наприклад, на базі свердлильних, фрезерних, токарних і координатно-розточувальних верстатів створені оброблювальні центри (ОЦ), де більшість функцій (рухи виконавчих органів, режими обробки, подача змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), заміна інструменту, заміна та кріплення деталі, власне, сама розробка керуючої програми) виконуються комп'ютеризованими пристроями ЧПК. Завдання оператора — спостерігати за правильним ходом процесу. На такому центрі отримують практично готову деталь.

Удосконалюється механізм розробки програми та її вводу в пристрій ЧПК верстата. Розвиток програмоносіїв пройшов шлях від штекерних барабанів, магнітофонних та паперо-

вих стрічок до вводу програми безпосередньо в пристрій ЧПК, по комп'ютерній мережі, через диск або флешку.

Сучасні CAD/CAM-системи спроможні розробляти керуючі програми з конструкторської документації і технологічного регламенту технолога-програміста з подальшою їх верифікацією на екрані й тестуванням на верстаті.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

За технологічними ознаками й можливостями верстати з ЧПК класифікуються так само, як і універсальні, на базі яких їх виготовлено. Найбільшу групу (30–40 % усього верстатного парку) становлять токарні верстати з ЧПК.

Токарні верстати з ЧПК випускаються:

- патронно-центрові — універсального призначення;
- патронні — для коротких деталей типу фланець, втулка, кришка тощо;
- центрові — для обробки довгомірних деталей;
- токарно-револьверні;
- токарні автомати та напівавтомати;
- токарно-лобові;
- токарно-карусельні;
- спеціалізовані для багатосерійного виробництва;
- токарно-фрезерно-шліфувальні оброблювальні центри;
- спеціальні верстати для обробки унікальних деталей: верстат довжиною 30 м для обробки гребних валів, транспортних шнеків тощо, карусельний з діаметром стола 18 м та інші.

Комплектуються токарні верстати з ЧПК револьверними головками — різцетримачами з горизонтальною або вертикальною віссю на 6, 8, 12, 16 позицій. Верстати можуть мати два різцетримачі. Це передбачає обробку двома інструментами одночасно (обточування й розточування, обточування різних шийок з обох кінців деталі, обточування і підрізання торця, знімання фасок тощо). Токарні верстати можуть оснащуватися магазинами до 30 інструментів, які по команді від програми подаються в зону різання. Для обробки деталей вагою понад 16 кг верстати оснащуються маніпулятором, яким керує програма.

Сучасні **токарно-фрезерні оброблювальні центри з ЧПК** містять спеціальний супорт із фрезерувальною головкою, що дозволяє, не знімаючи деталь з верстата, крім токарної обробки, фрезерувати на ній лиски, пази, свердлити поперечні й позацентрові отвори в торцях, виконувати інші фрезерні та свердлильні операції. Комбінація таких видів обробки дає змогу за одну установку виконати повну обробку деталі з максимальною точністю і швидкістю. Токарні верстати з ЧПК, оснащені інструментальною револьверною головкою, яка містить позиції для інструментів з автономним приводом, також можуть виконувати торцеве і радіальне фрезерування, поперечне і торцеве свердління, зокрема торцеве свердління не в осі обертання шпинделя. Сучасні токарні верстати для довгомірних деталей оснащуються керованими програмою лонетами та задньою бабкою.

Свердлильні верстати з ЧПК комплектуються револьверними головками на 6, 8, 12, 16 позицій або інструментальними магазинами на 30, 60 інструментів. На них обробляють отвори різного призначення: кріплення, точні, з точними міжцентровими відстанями. Застосування цих верстатів дало змогу замінити традиційну обробку по кондуктору більш ефективною, звільнивши робітника від тяжкої фізичної праці, пов'язаної з попаданням інструментом у спрямовуючу втулку кондуктора на радіально-свердлильному верстаті, а також вивільнивши виробництво від потреби проектувати, виготовлювати й підтримувати в робочому стані непросте оснащення — кондуктори.

Фрезерні верстати з ЧПК випускаються вертикальні, горизонтальні, вертикально-горизонтальні з різним ступенем охоплення керуванням функцій верстата: від програми для

2,5 координат (обробка плоского контуру з подачею по третій координаті в програмі глибини фрезерування, обробка отворів) до п'ятикоординатних верстатів з керованими від програми поворотами шпіндельної бабки, поворотом патрона з деталлю, встановленого на столі верстата, поворотом стола, можливістю програмування рухів одночасно по трьох координатах X, Y, Z та поворотом навкруг двох осей. Саме на таких верстатах виконується обробка складних тривимірних поверхонь.

Свердлильно-фрезерно-розточувальні оброблювальні центри (ОЦ) комплектуються магазинами на 30, 40, 60, 100 інструментів. Заміна інструмента в шпінделі відбувається по команді від програми. На ОЦ виконують, не знімаючи деталі, свердлильні, фрезерні та розточувальні роботи, обробляють плоскі поверхні, пази, отвори, криволінійні дво- та тривимірні поверхні. Впроваджуються у виробництво **токарно-фрезерні оброблювальні центри** з подальшим збільшенням можливостей обробки деталі з однієї установки.

Автоматизовані технологічні комплекси випускаються для обробки тіл обертання — на базі токарних верстатів з ЧПК та обробки корпусних деталей — на базі свердлильно-фрезерно-розточувальних оброблювальних центрів. Верстати маніпулятором з'єднані між собою і магазином — накопичувачем деталей. Керування відбувається з єдиного комп'ютерного центру.

Шліфувальні верстати з ЧПК випускаються плоскошліфувальні, профіleshліфувальні, координатно-шліфувальні, круглошліфувальні, різешліфувальні, зубошліфувальні, безцентрово-круглошліфувальні, спеціального призначення з різним ступенем охоплення програмним керуванням їх функцій.

Електроерозійні верстати з ЧПК випускаються дрові та електродні. Програмне керування забезпечує вирізання плоских деталей складного контуру на верстатах першого типу, а також формування складних поверхонь об'ємних деталей на верстатах другого типу методом електроерозії в струмопровідних матеріалах, якщо обробка в інший спосіб ускладнена або неможлива. Керований програмою електрод (з латуні, міді, графіту) переміщується в середовищі індустриального масла, гасу або води з антикорозійними присадками.

Електрохімічні верстати з ЧПК широко застосовуються в автомобільній промисловості для виготовлення складних штампів.

Діркопробивні преси випускаються з позиційною системою ЧПК, ефективно використовуються для формування великої кількості отворів у панелях різноманітного призначення, електрошафах, подібних деталях.

Лазерні та інші різакі, керовані від ЧПК, використовуються для розкрою за програмою деталей або їх заготовок, що містять контури складних конфігурацій. Сучасні комп'ютерні програми забезпечують найбільш раціональне розташування елементів крою на листі й оптимальну траєкторію руху різакі, яка візуалізується на екрані. Технолог має змогу аналізувати процес і вносити необхідні поправки заздалегідь.

Зварювальні автомати з ЧПК на щабель підвищили якість і продуктивність зварювання, звільнили робітника від шкідливої для здоров'я праці, виявилися незамінними в місцях, де присутність людини неприпустима (наприклад, на ЧАЕС під час ліквідації аварії).

Гравірувальні верстати з ЧПК в десятки разів зменшили трудомісткість гравірувальних робіт, уможливили серійне нанесення складних візерунків на поверхню.

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

1) Модернізацію сучасних верстатів з ЧПК націлено на підвищення продуктивності обробки завдяки високошвидкісності, поєднанню якомога більших видів обробки на одній машині, автоматизації завантаження і вивантаження деталей, автоматичному дистанційному керуванню зміною інструменту, можливістю монтуватися в загальну автоматичну лінію обробки з централізованою системою керування процесами на кожному з верстатів та в лінії загалом.

2) Верстати з ЧПК мають забезпечувати високу точність і швидкість відпрацювання позиційних переміщень, заданих керуючою програмою, зберігаючи точність тривалий час. Це зумовлює потребу вдосконалення систем ЧПК.

3) Висока точність обробки на верстатах з ЧПК забезпечується точністю виготовлення і жорсткістю його вузлів та спрацювання ЧПК. У конструкціях верстатів з ЧПК використовують короткі кінематичні ланцюги, що підвищує їх статичну і динамічну жорсткість. Для всіх виконавчих органів застосовують автономні приводи з мінімально можливим числом механічних передач, які мають високу швидкодію. Точність верстатів з ЧПК підвищується в результаті усунення зазорів у передавальних механізмах приводів, зменшення втрат на тертя в напрямних і механізмах, підвищення вібростійкості, зниження теплових деформацій втручанням у точність обробки через пристрій ЧПК.

КОМПОНОВКА ВЕРСТАТІВ З ЧПК, ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ, ХАРАКТЕРИСТИКИ

Розробка та впровадження систем ЧПУ дуже вплинули на компонування та конструкцію існуючих верстатів, що оснащуються цими системами управління.

Нові широкі функціональні можливості систем ЧПУ, їх особливості порівняно з раніше застосовуваними ПУ зажадали нового підходу до розробки нових або модернізації існуючих компоновань верстатів, конструкції їх вузлів та механізмів. У багатьох випадках були розроблені і почали застосовувати оригінальні, раніше рідко або взагалі незастосовувані компонування, а також конструкції ряду вузлів і механізмів. Паралельно з цим проводилася розробка та застосування нових регульованих приводних електродвигунів, різних вимірювальних систем, нових конструкцій комплектуючих елементів верстата (підшипників, напрямних, механізмів автоматичної зміни інструментів та заготовок та ін.), нових матеріалів для виготовлення деталей верстата. Все це дозволило значно спростити кінематику верстатів з ЧПУ, підвищити їхню продуктивність, точність і надійність роботи.

З іншого боку, широкі технологічні можливості верстатів з ЧПУ, високий рівень автоматизації їх роботи ускладнили ці верстати, підвищили їхню вартість, зажадали ретельної підготовки обслуговуючого персоналу, розробки більш раціональних систем їх технічного обслуговування та ремонту.

В даний час є значне різноманіття компоновок верстатів з ЧПУ як для обробки деталей типу тіл обертання, так і для обробки корпусних та плоских деталей. На етапі розробки компонування закладаються найважливіші показники верстата: точність, продуктивність, надійність, металоємність. Для економії дорогої виробничої площі потрібно робити верстати максимально компактними. Зазначається, що ні якістю конструкції та вибором матеріалів, ні ретельним виготовленням та збиранням не можна компенсувати збитки, завдані вибором нерационального компонування верстата та невірним визначенням її основних пропорцій.

Важливими елементами компонування верстата є його базові деталі (станіни, стійки, колони та інших.). Від їх компонування та конструкції залежать точність, жорсткість, металоємність та інші характеристики верстата. Так, для підвищення жорсткості базові та корпусні деталі багатьох сучасних верстатів з ЧПУ роблять звареними з товстолистової сталі з великою кількістю ребер. Застосування зварних корпусних деталей замість литих дозволяє:

- виключити ризик отримання шлюбу у важких виливках та знизити трудомісткість робіт за необхідності виправлення цього шлюбу;
- знизити трудомісткість механічної обробки з допомогою зменшення припусків на зварні деталі проти литих;
- збільшити жорсткість зварних корпусних деталей при одночасному зниженні їхньої металоємності завдяки застосуванню при зварюванні великої номенклатури профілів жорсткого перерізу. Жорсткість вигину та кручення зварних деталей по відношенню до литих частото збільшується в 2,5-3 рази;
- відмовитися від традиційних методів конструювання зварних корпусних деталей за

аналогією з литими, а саме: спростити форми самої деталі та її елементів; провести уніфікацію складових елементів; створити їх розмірні ряди та застосовувати уніфіковані елементи для проектування зварних корпусних деталей верстатів.

Однак необхідно враховувати, що в деяких випадках створення зварних корпусних деталей є більш трудомістким, особливо якщо ці деталі мають складну конфігурацію та уніфікацію складових елементів, що зварюються. Крім того, литі корпусні деталі з чавуну часто мають кращу вібростійкість та стабільність форми. Усі корпусні зварні деталі для зняття внутрішньої напруги необхідно піддавати відпалу.

Поряд з литими та зварними базовими деталями із чавуну та сталі, у сучасних станках з ЧПУ застосовують базові деталі з композиційних матеріалів, зокрема із синтеграну. Це композиційний матеріал на основі наповнювача у вигляді крошки граніту та полімерного (епоксидного) сполучного компонента холодного затвердіння у кількості до 10%.

Синтегран порівняно з чавуном має такі основні переваги: у 4–5 разів вища демпфуюча здатність; мінімальні внутрішні напруги у виливках і, відповідно, підвищена стабільність розмірів у годині; у десятки разів нижче теплопровідність і, відповідно, мала чутливість деталей із синтеграну до перепаду температур; висока корозійна стійкість; менша трудомісткість виготовлення виливків.

На рис. 11.1 схематично показані застосовувані варіанти компоновок станин 3 і супортів 1 і 2 на токарних верстатах, у тому числі з ЧПУ. Компоновання розрізняються одержуваними габаритними розмірами, зручністю доступу оператора і наладчика до робочої зони і різальним інструментом, схемою сприйняття сил різання направляючими супортів, відведенням стружки та ін.

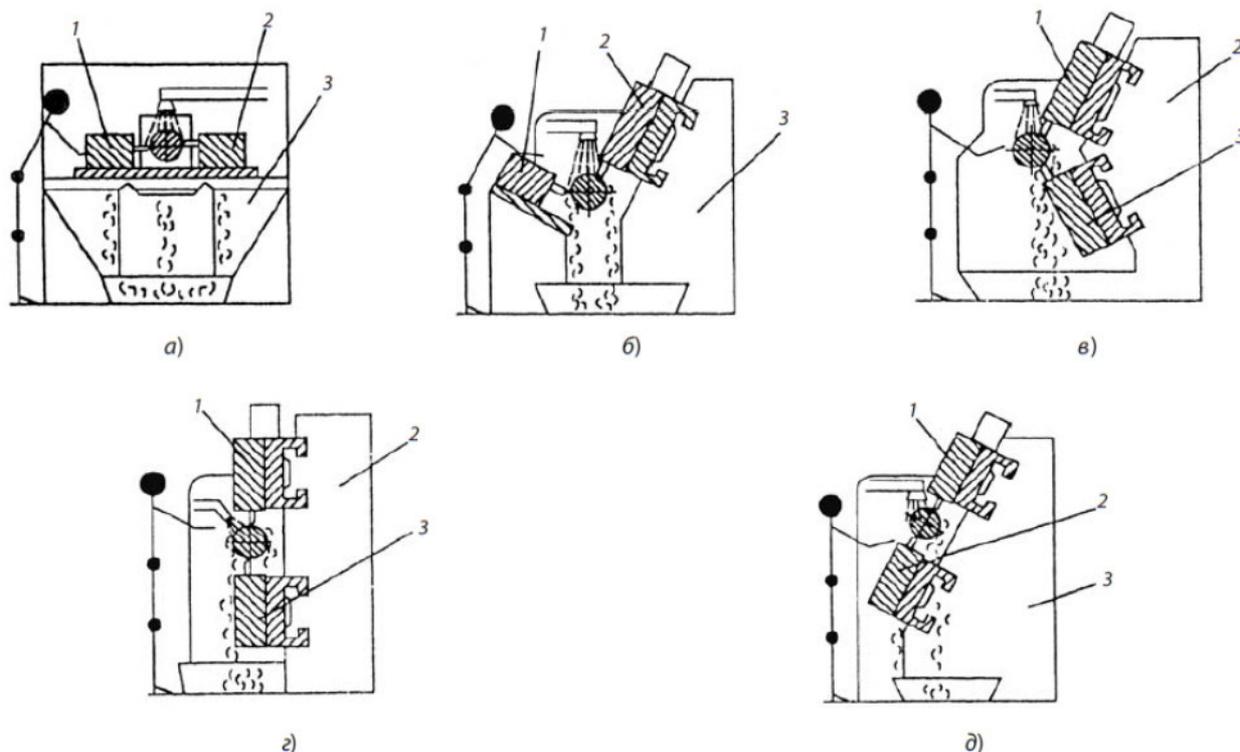


Рис. 11.1. Варіанти компоновок станини та супортів в токарних верстатах: а – горизонтальна; б – двостороння похила; в – похила з розташуванням одного супорту в нижній частині станини; г – вертикальна; д – похила з розташуванням супортів паралельно один одному

В сучасних токарних верстатах з ЧПУ поряд з варіантом, показаним на рис. 11.1, а, широке застосування отримала компоновка, показана на рис. 11.1, д. При такому компонованні є зручний доступ оператора до патрона шпинделя для встановлення заготовки, до задньої бабці і до револьверної головки з інструментами. При цьому дані токарні верстати з

ЧПУ випускаються як з однієї, так і з двома револьверними головками. Деякі фірми випускають токарні верстати з ЧПУ з трьома револьверними головками, з протишпинделем, а також мають інші компоновання.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОСЕЙ КООРДИНАТ І НАПРЯМІВ ПЕРЕМІЩЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ НА СХЕМАХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Систему координат верстата, обрану відповідно до рекомендацій ISO (Міжнародної організації зі стандартизації) прийнято називати стандартною. Стандартна система координат являє собою праву прямокутну декартову систему координат, в якій додатні напрямки осей координат визначаються правилом правої руки: великий палець вказує додатній напрямок осі абсцис X , вказівний – осі ординат Y , і середній – осі аплікат Z .

Особливість системи полягає в тому, що вісь координат Z приймають завжди паралельно осі головного шпинделя верстата, незалежно від того, як він розташований – вертикально чи горизонтально. Ця особливість дозволяє ЧПК для найбільш поширеної плоскої обробки використовувати у програмах позначення координат через X та Y незалежно від розташування шпинделя (рис. 11.2).

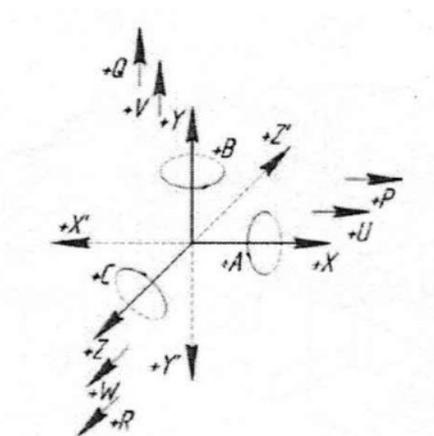


Рис. 11.2. Права прямокутна (декартова) система координат верстата

В якості додатнього напрямку осі Z приймають напрям від заготовки до інструменту. Вісь X – завжди горизонтальна. Додаткові рухи, паралельні осям X , Y , Z позначають відповідно U , V , W (вторинні) та P , Q , R (третинні). Обертальні рухи навколо осей X , Y , Z позначають відповідно літерами A , B , C . Додатні напрямки обертань A , B , C навколо координатних осей X , Y , Z показані на рис. 11.2. Для вторинних кутових переміщень навколо спеціальних осей використовуються букви D і E .

Початок стандартної системи координат верстата зазвичай поєднується з базовою точкою вузла, несучого заготовку і зафіксованого в такому положенні, при якому всі переміщення робочих органів верстата описуються в стандартній системі додатними координатами.

Системою координат токарного верстата є двокоординатна система X , Z . Початок цієї системи приймається в базовій точці шпиндельного вузла. Додатні напрямки осей системи координат токарного верстата визначаються розташуванням основного робочого діапазону переміщень інструменту (рис. 11.3, а, б).

Для верстатів свердлильної, свердлильно-розточувальної та фрезерної груп застосовується трикоординатна система X , Y , Z . Початок цієї системи координат приймається переважно в базовій точці столу, розташованого в одному з крайніх положень. Напрями координатних осей цієї стандартної системи пов'язані з конструкцією верстата (рис. 11.3, в, г).

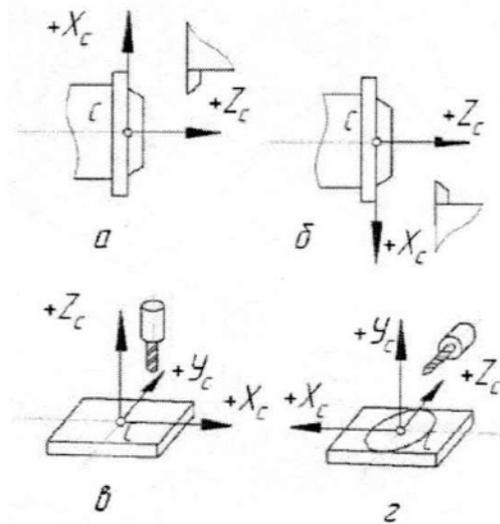


Рис. 11.3. Напрямки стандартної системи координат верстату: а – токарного при переміщенні інструментів над віссю обертання шпинделя; б – те ж, під віссю шпинделя; в, г – свердлильно-розточувальних і фрезерних з відповідно вертикальним і горизонтальним розташуванням шпинделя

Рух робочих органів верстата задається в програмі координатами або приростами координат базових точок в системі координатних осей, визначених у стандартній системі координат. Система координатних осей робочих органів верстату являє собою сукупність окремих керованих за програмою координат, кожна з яких закріплена за конкретним робочим органом верстата і має індивідуальне позначення, напрям і початок відліку. Для забезпечення спільності методів підготовки програм рекомендації комітету ISO регламентують позначення і напрямки осей координат робочих органів верстата.

На рис. 11.4–11.7 зображені схеми різного устаткування з ЧПК, на яких вказані позначення і додатні напрямки рухів робочих органів щодо стандартної системи координат, пов'язаної з оброблюваною заготовкою.

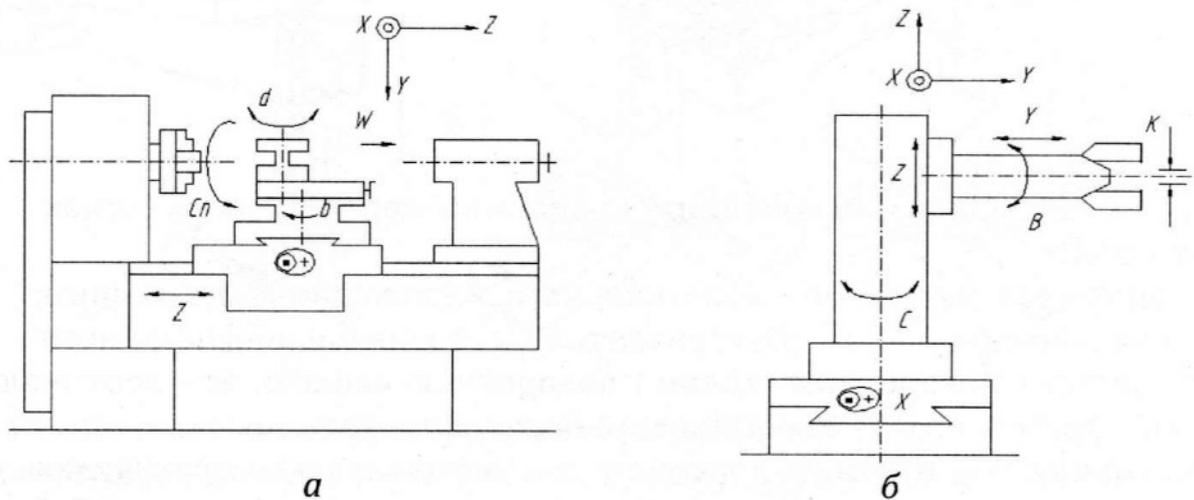


Рис. 11.4. Компонування токарного верстата (а) і промислового робота (б) з напрямками їх осей і рухів

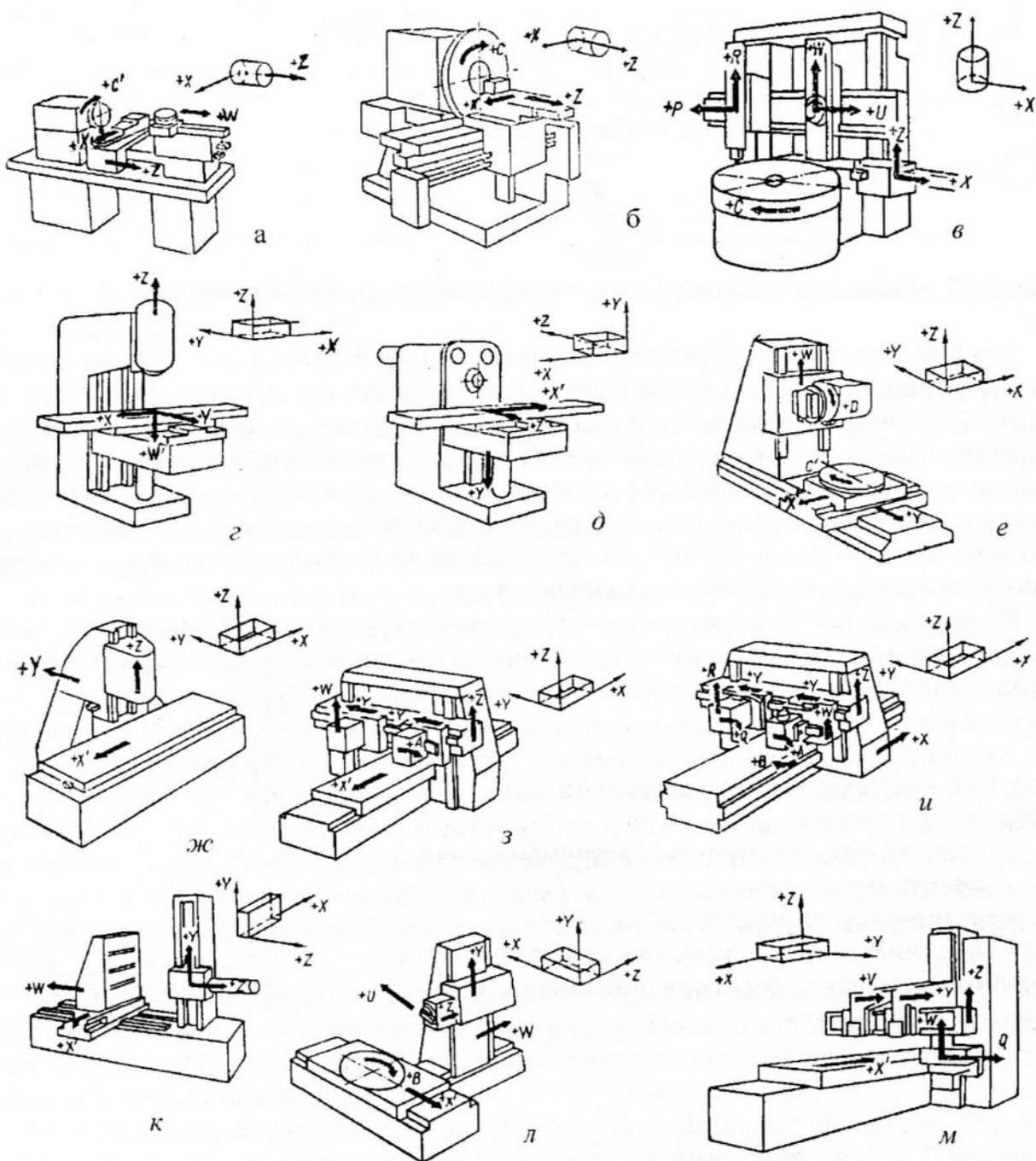


Рис. 11.5. Позначення осей координат і напрямків переміщень на схемах верстатів з ЧПК: а – токарно-револьверного; б – лоботокарного; в – токарно-карусельного; г – вертикально-фрезерного; д – горизонтального консольно-фрезерного; е – фрезерного з поворотним столом і поворотною бабкою; ж – вертикального портално-фрезерного; з – двостійкового портално-фрезерного; и – двостійкового з рухомим порталом; к – горизонтально-розточувального з нерухомою передньою бабкою; л – з поздовжньо-рухомою передньою бабкою; м – поздовжньо-стругального

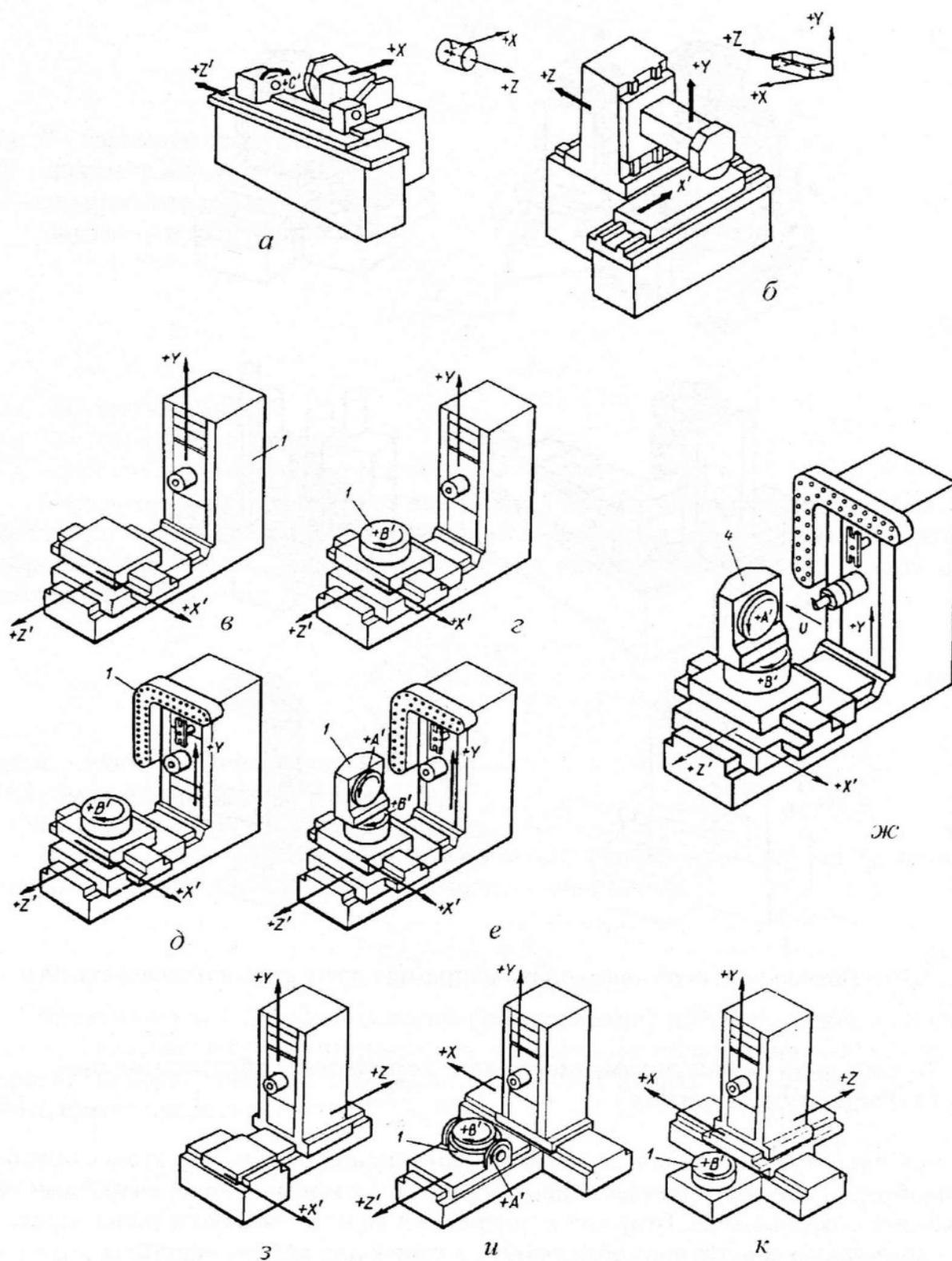


Рис. 11.6. Позначення осей координат верстатів з ЧПК: а – круглошліфувального; б – плоскошліфувального; в, г, д, е, ж – багатоопераційних верстатів середніх габаритів; и, к – багатоопераційних верстатів різних компоновань

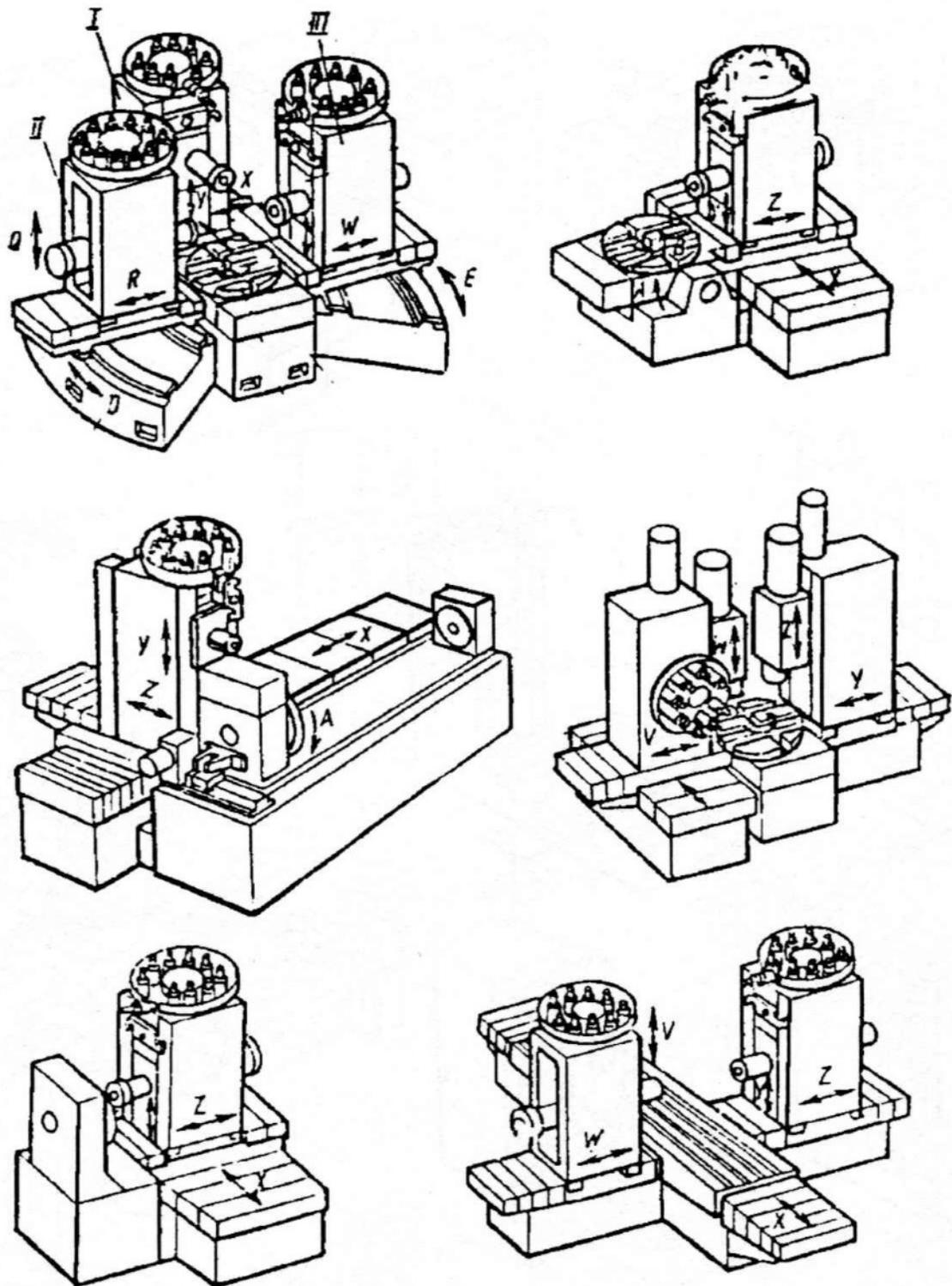


Рис. 11.7. Позначення осей координат і напрямків рухів агрегатних верстатів