

3 МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ

Сучасні металорізальні верстати - це різноманітні й досконалі робочі машини, на яких здійснюється обробка заготовок із метою надання їм необхідних розмірів, форми і якості поверхонь. Використовуючи механічні, електричні та гідравлічні методи здійснення рухів і керування робочим циклом, обробкою на металорізальних верстатах вирішуються найскладніші технологічні задачі з виготовлення деталей будь-яких розмірів, маси, форми, точності, із будь-яких матеріалів практично для кожної галузі машинобудування.

3.1 Класифікація та нумерація металорізальних верстатів

В основу системи класифікації металорізальних верстатів покладено технологічний метод обробки заготовок у відповідності з такими ознаками, як вид різального інструмента, характер оброблюваної заготовки та схема обробки. За цією системою металорізальні верстати поділені на дев'ять груп:

- 1 - група - токарні верстати;
- 2 - свердлильні й розточувальні;
- 3 - шліфувальні;
- 4 - комбіновані;
- 5 - верстати для обробки зубчастих коліс і нарізання різьб;
- 6 - фрезерні;
- 7 - стругальні, довбальні та протяжні;
- 8 - розрізні;
- 9 - різні верстати та пристрої, що не ввійшли до жодної з перелічених груп (балансувальні, ділильні, для виготовлення пилок тощо).

Класифікація та нумерація металорізальних верстатів

Верстати.	Група.	Типи.								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарні.	1	Автомати і напівавтомати.		Револьверні.	Сверлильні овідрізні.	Карусельні.	Токарні і лобові.	Багаторіздєві.	Спеціалізовані.	Різні токарні.
		Одношпиндельні.	Напівавтомати.							
Свердлувальні і розточувальні.	2	Вертикальні свердлувальні.	Напівавтомати.		Координатно-розточні.	Радіально-вердильні.	Розточувальні.	Алмазно розточні.	Горизонтально свердлувальні.	Різні свердлувальні.
			Одношпиндельні.	Багатошпиндельні.						
Шліфувальні доводочні.	3	Кругло шліфувальні.	Усередні шліфувальні.	Обдирочно шліфувальні.	Спеціалізовані шліфувальні.	—	Заточувальні.	Плоско-шліфувальні.	Притиральні і полірувальні.	Різні верстати що працюють абразивом.
Електрофізичні і електрохімічні	4	Універсальні	Напівавтомати	Автомати	Електрохімічні	Електроіскрові	Заточувальні	електроерозійний	Анодно-механічні	різні
Зуборізьбообробні	5	Зубострогальні для циліндричних коліс.	Зуборізні для конічних коліс.	Зубофрезерні.		Для обробки торців зубів коліс.	Різьбофрезерні	Зубообробні.	Зуборізьбошліфувальні.	Різні зубообробні.
				Для циліндричних коліс.	Для черв'ячних коліс.					
Фрезерні.	6	Вертикально-фрезерні консольні	Фрезерні безперевної дії.	—	Копіювальні і гравіювання.	Вертикальні безконсольні.	Подовжні.	Широкоуніверсальні.	Горизонтальні консольні.	Різні фрезерні.
Строгальні довбальні і протяжні.	7	Подовжні.		Поперечні строгальні.	Довбальні.	Протяжні горизонтальні.	—	Протяжні вертикальні.	—	Різні строгальні
		Двостійкові.	Одностійкові.							
Розрізні.	8	Відрізні, працюючі токарним абразивним диском, різцем, кругом.			Правильні овідрізні	Стрічкові.	Дискові пили.	Ножівкові.	—	—
Різні.	9	Муфто і трубообробні	Пилообробні	Правильно безцетрово обдирочні	—	Для випробування інструментів.	Ділильні машини.	Балансування.	—	—

В кожній групі верстати об'єднані за спільністю технологічного методу обробки або близькі за призначенням (наприклад, свердлильні та розточувальні).

Кожна група верстатів поділяється на дев'ять типів за технологічним призначенням, конструктивними особливостями, кількістю головних робочих органів, ступенем універсальності тощо.

Всередині кожного типу верстати різняться своїми характерними, притаманними кожному типу розмірами.

У відповідності з прийнятою системою класифікації кожній моделі верстата присвоюють певний номер, що складається з трьох або чотирьох цифр і літер. Перша цифра вказує на групу верстата, друга - на тип у цій групі. Третя або третя та четверта цифри показують умовний розмір верстата: для токарних верстатів - це висота центрів над станиною в сантиметрах або дециметрах, для свердлильних - максимальний діаметр отвору, який можна просвердлити на цьому верстаті, для фрезерних - умовний розмір стола тощо.

Літера, що стоїть після першої або другої цифри, вказує на модернізацію (поліпшення) основної базової моделі верстата, а літера, що стоїть у кінці номера, означає модифікацію (видозміну) базової моделі.

Приклади нумерації верстатів: 162 - це верстат токарної групи (1), токарно-гвинторізальний (6), висота центрів 2дм (200 мм); 1А62, 1К62 - це токарно-гвинторізальні верстати, основна базова модель яких (162) пройшла послідовну модернізацію (літери А і К) із поліпшенням конструкції, зокрема, із підвищенням потужності та діапазону частот обертання шпинделя; номер 2135 означає, що це верстат належить свердлильній групі (2), вертикально-свердлильний (1), із найбільшим діаметром свердління 35 мм.

За рівнем спеціалізації розрізняють верстати *універсальні*, призначені для виконання різноманітних робіт із використанням заготовок багатьох найменувань в умовах одиничного, дрібносерійного та ремонтного виробництва; *спеціалізовані*, на яких обробляють деталі одного найменування, але різних розмірів, наприклад, колінчасті вали; *спеціальні*, на яких виконують певний вид робіт на одній певній деталі в масовому виробництві.

За ступенем точності верстати поділяють на п'ять класів:

Н - нормальної точності,

П - підвищеної,

В - високої,

А - особливо високої точності,

С - особливо точні верстати.

За ступенем автоматизації розрізняють верстати з ручним керуванням, напівавтомати, автомати та верстати з програмним керуванням.

Автоматами називають верстати, на яких після їх включення всі операції здійснюються автоматично без участі оператора за циклом, що періодично повторюється. До циклу входить установлення й закріплення заготовки на верстаті, обробка її поверхонь, знімання обробленої деталі, подача й закріплення наступної заготовки.

Напівавтомати відрізняються від автоматів тим, що знімання обробленої деталі, установлення нової заготовки на верстат і включення верстата здійснює оператор. Цикл обробки заготовки - автоматичний.

Металорізальні верстати із системами числового програмного керування (ЧПК) мають високий рівень автоматизації, включаючи автоматичну заміну різальних інструментів і заготовок, зміну режимів різання, отримання заданих розмірів поверхонь деталей. Їх застосовують як для виконання простих операцій (свердління отворів, обточування валів тощо), так і для обробки складних фасонних поверхонь.

3.2 Кінематика верстатів

Приводом верстата називають сукупність механізмів, які передають рух від джерела руху (електродвигуна) до робочих органів верстата з закріпленими в них інструментами та заготовками. В залежності від виду руху розрізняють приводи головного руху, подачі та допоміжних рухів.

Рухи робочих органів верстатів здійснюються за допомогою різноманітних передач, які встановлюються між джерелом руху і робочим органом. *Передачею* називають механізм, що передає рух від одного елемента до другого (з вала на вал), або перетворює один рух в інший (наприклад, обертальний в поступальний). В передачі елемент, від якого передається рух, називають *ведучим*, а елемент, що приймає рух, - *веденим*. Кожна передача характеризується *передаточним відношенням*, яке показує, в скільки разів частота обертання веденого елемента відрізняється від частоти обертання ведучого елемента: $i = n_{вн} / n_{вч} = n_2 / n_1$, де i - передаточне відношення; $n_{вн}$ (n_2) - частота обертання веденого вала, об/хв; $n_{вч}$ (n_1) - частота обертання ведучого вала, об/хв.

На рис. 5 наведені схеми деяких передач, що застосовуються в приводах металорізальних верстатів.

Пасова передача (рис. 5, а) здійснюється плоскими, клиновими або круглими пасами за допомогою шківів, закріплених на ведучому та веденому валах. Передаточне відношення передачі $i = d_1 \eta / d_2$, де d_1 і d_2 - діаметри ведучого й веденого шківів, мм; η - коефіцієнт, який враховує проковзування паса відносно поверхонь шківів ($\eta = 0,96 \dots 0,99$).

Ланцюгова передача (рис. 5, б) здійснюється роликівим або безшумним ланцюгом, що з'єднує зірочки, закріплені на ведучому та веденому валах. Передаточне відношення ланцюгової передачі $i = z_1 / z_2$, де z_1 і z_2 - числа зубів ведучої та веденої зірочки.

Зубчаста передача складається з циліндричних (рис. 5, в), або конічних коліс (рис. 5, г). Передаточне відношення зубчастої передачі $i = z_1 / z_2$, де z_1 і z_2 - числа зубів ведучого і веденого зубчастих коліс.

Черв'ячна передача (рис. 5, д) складається з черв'яка (гвинта) та черв'ячного зубчастого колеса і призначена для суттєвого зниження частоти обертання веденого вала, коли ведучим є черв'як. Якщо різьба черв'яка має k заходів, а число зубів черв'ячного колеса дорівнює z то передаточне відношення черв'ячної передачі $i = k/z$.

Рейкова передача (рис. 5, е) перетворює обертальний рух рейкового зубчастого колеса в поступальний рух зубчастої рейки. Якщо рейкове колесо має z зубів, а модуль його та рейки m , мм, то за один оберт рейкового колеса рейка переміститься на величину $S = \pi m z$, мм.

Гвинтова передача (рис 5, є) складається з гвинта та гайки і призначена для перетворення обертального руху гвинта в поступальний рух гайки. Якщо крок різьби гвинта дорівнює t , мм, число заходів різьби дорівнює k то за один оберт ходового гвинта гайка переміститься на величину $S = tk$, мм.

В таблиці 1 наведені умовні позначення передач і механізмів, найбільш поширених у металорізальних верстатах.

В приводах головного руху та руху подач крім розглянутих передач є ще механізми, за допомогою яких можна змінювати напрям і швидкість руху. Зміна напрямку руху (реверсування) забезпечується включенням в ланку передачі руху між двома паралельними валами I і II (рис. 6, а) „паразитного” колеса z_0 . При передачі обертального руху між двома взаємно перпендикулярними валами застосовують реверсивні механізми з кінчними зубчастими колесами (рис. 6, б). В обох випадках реверсування вала II досягається переключенням двосторонньої муфти M .

Регулювання швидкості головного руху і руху подач в металорізальних верстатах може бути безступінчастим і ступінчастим. Системи безступінчастого регулювання дають можливість отримувати частоту обертання шпинделя і величину подачі точно із розрахованим режимом різання і забезпечити, таким чином, оптимальну продуктивність процесу механічної обробки матеріалів. В металорізальних верстатах для безступінчастого регулювання швидкості використовуються системи електромашинного підсилення, системи генератор - двигун, гідравлічні двигуни та механічні пристрої, наприклад, варіатори.

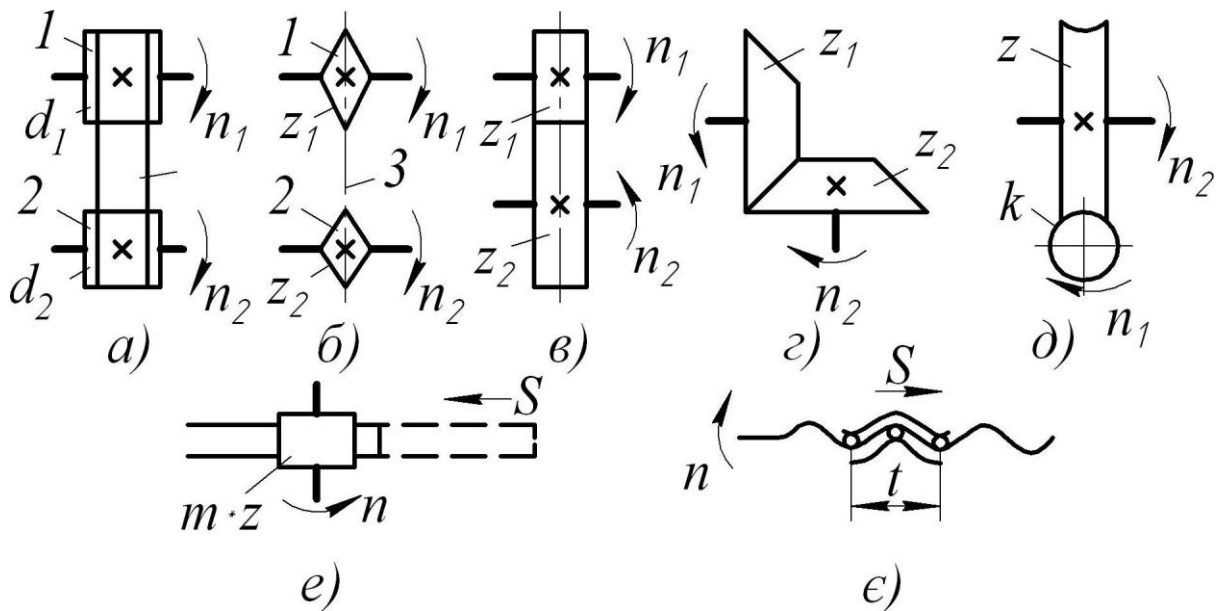


Рисунок 5 — Передачі в металорізальних верстатах

Для ступінчастого регулювання швидкості в металорізальних верстатах використовують дво-, три- і чотиришвидкісні асинхронні електродвигуни та різні механізми на основі зубчастих передач. До них відносяться *гітари*, *коробки швидкостей* в приводах головного руху та *коробки подач* в приводах подач.

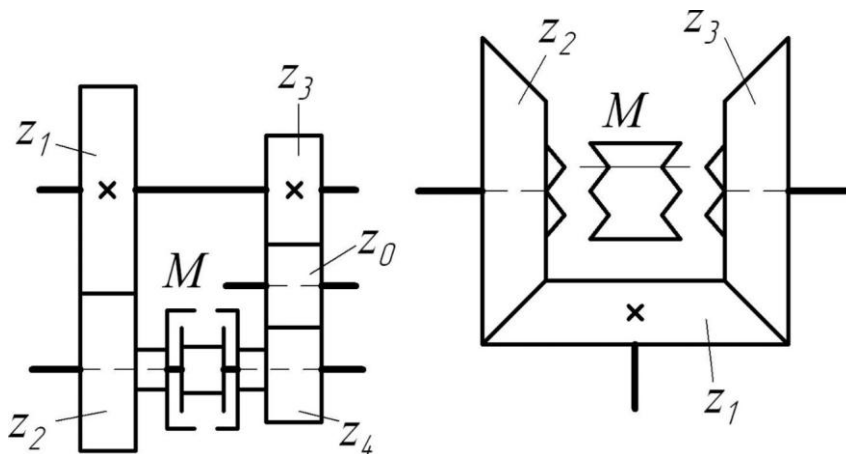


Рисунок 6 - Реверсивні механізми металорізальних верстатів

Гітарами називаються пристрої в приводах металорізальних верстатів, за допомогою яких передача руху з вала I на вал II (рис. 7) здійснюється змінними зубчастими колесами. Виводячи вали I і II за межі станини верстата в зручному для обслуговування місці та підбираючи відповідним чином числа зубів змінних коліс, можна між цими валами забезпечувати практично будь-яке передаточне відношення.

За конструкцією гітари бувають однопарними з двома змінними зубчастими колесами A і B (рис. 7, в) і двопарними (рис. 7, а) з чотирма змінними колесами a, b, c, d. В однопарних гітарах кількість можливих швидкостей дорівнює кількості змінних коліс. Передаточне відношення i

визначається числами зубів A і B : $i = A/B$. Однопарні гітари встановлюють у приводах головного руху і, зазвичай, вони забезпечують 2...12 швидкостей.

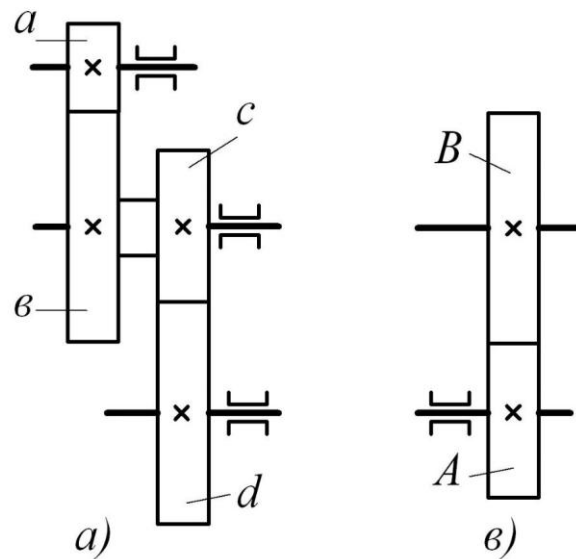


Рисунок 7 - Схеми гітар

Передаточне відношення двопарної гітари для кожного настроювання привода з такою гітарою визначається співвідношенням чисел зубів змінних коліс:

$$i = \frac{a \ c}{b \ d}$$

До верстатів з двопарною гітарою додаються набори змінних коліс. Набори бувають "п'яткові", парні та універсальні. В „п'ятковому” наборі числа зубів змінних коліс від 20 до 100 змінюються через 5, в парному наборі — через 4 зуби. Універсальний набір є найповнішим і використовується для відповідальних ділильних ланцюгів.

Двопарні гітари можуть давати необмежену кількість швидкостей і їх встановлюють у приводах взаємопов'язаних рухів (різьбонарізних, обкатки тощо) і в приводах подач.

Гітари як механізми настроювання верстатів на певний режим роботи застосовують у спеціальних і спеціалізованих верстатах, де зміна режиму роботи відбувається не часто, бо на заміну зубчастих коліс потрібно витратити певний час. В універсальних же верстатах, при роботі на яких зміни режимів різання відбуваються досить часто, використовують інші механізми регулювання швидкостей, зокрема коробки швидкостей і коробки подач.

Шестеренчасті коробки швидкостей знайшли широке розповсюдження в металорізальних верстатах завдяки своїй компактності, меншій вартості, зручності передачі обертального руху робочим органам верстатів.

Зміна швидкості обертання веденого вала шестеренних коробок досягається за рахунок включення в роботу певної комбінації зубчастих коліс. В коробках швидкостей використовують різні способи передачі руху з ведучого вала I на ведений вал II:

- *пересувними блоками шестерень* (рис. 8, а). Потрійний блок шестерень *Б* забезпечує три передачі з передаточними відношеннями z_1/z_2 , z_3/z_4 , z_5/z_6 ;
- переключачи муфти *М*, надаємо обертання валу II через колеса z_1/z_2 чи z_3/z_4 (рис.8, б, в);
- *накидними шестернями* (рис. 8, г). Зубчасті колеса z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 нерухомо закріплені на валу I. Рух на вал II передається зубчастим колесом що вільно сидить на проміжному валу, і колесом z_0 , яке пересувається на валу II на напрямній шпонці. Механізм забезпечує п'ять передач з передаточними відношеннями $z_1/z_0, z_2/z_0, z_3/z_0, z_4/z_0, z_5/z_0$. Вал II, таким чином, має п'ять значень частоти обертання.

Отже, в приводах металорізальних верстатів є передачі з постійним передаточним відношенням і механізми (гітари, коробки швидкостей), передаточні відношення в яких можна змінювати і, таким чином, регулювати швидкості руху робочих органів верстатів.

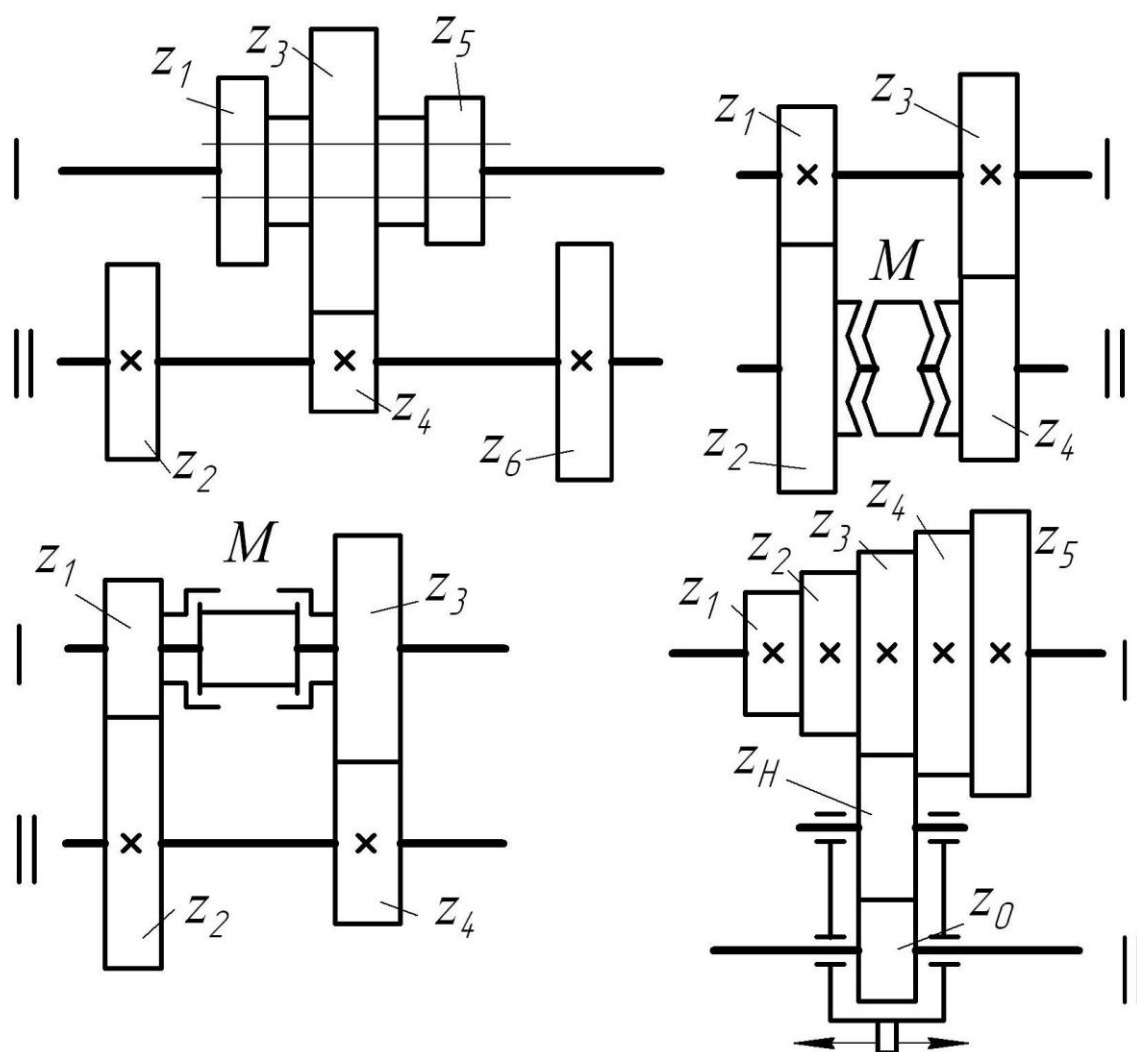


Рисунок 8 — Схеми передач руху в коробках швидкостей

Таблиця 1 - Умовні позначення основних передач і механізмів металорізальних верстатів

Назва елемента	Позначення	Назва елемента	Позначення
Електродвигуни		Пасові передачі: <i>a</i> - плоским пасом; <i>б</i> - клиновими па- сами	<i>a)</i> <i>б)</i>
Вал, вісь, стри- жень		Ланцюгові пере- дачі:	<i>a)</i>
Радіальні підшип- ники на валу: <i>a</i> - без уточнення типу; <i>б</i> - кочення; <i>в</i> - ковзання	<i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>	<i>a</i> - роликівим лан- цюгом; <i>б</i> - зубчастим (безшумним) лан- цюгом	<i>б)</i>
Кінці шпинделів для робіт: <i>a</i> - центрових; <i>б</i> - патроний; <i>в</i> - свердлильних; <i>г</i> - фрезерних; <i>д</i> - шліфувальних	<i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i> <i>г)</i> <i>д)</i>	Гвинтова переда- ча: <i>a</i> - з нерознім-ною гайкою; <i>б</i> - з рознімною гайкою	<i>a)</i> <i>б)</i>
З'єднання деталі з валом: <i>a</i> - нерухоме; <i>б</i> - вільне; <i>в</i> - рухоме вздовж осі з напрямною шпонкою; <i>г</i> - рухоме вздовж осі, шліцьове; <i>д</i> - нерухоме з'єд- нання двох дета- лей на втулці	<i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i> <i>г)</i> <i>д)</i>	Кулачкові муф-ти зчеплення: <i>a</i> - односторон- ня; <i>б</i> - двостороння	<i>a)</i> <i>б)</i>
	<i>a)</i> <i>б)</i>	Фрикційні муф-ти зчеплення: <i>a</i> - дискова одно- стороння; <i>б</i> - електромаг- нітна односторон- ня	<i>a)</i> <i>б)</i>
Зубчасті зачеплен- ня: <i>a</i> - циліндричні з прямими, косими; <i>б</i> - конічне; <i>в</i> - гвинтове; <i>г</i> - черв'ячне (у двохпроекціях); <i>д</i> - рейкове	<i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i> <i>г)</i> <i>д)</i>	Обгінна муфта	
	З'єднання двох співвісних валів: <i>a</i> - жорстке; <i>б</i> - еластичне; <i>в</i> - телескопічне	<i>a)</i> <i>б)</i> <i>в)</i>	

3.3 Кінематична схема верстата

Сукупність умовних позначень передач і механізмів верстата, які забезпечують задані закони руху виконавчих органів, називається кінематичною схемою. Вона дає уявлення про відносне розташування елементів привода та дозволяє встановити, в якому напрямку передається рух, як змінюється його швидкість і в який рух він перетворюється в механізмах привода. Частина кінематичної схеми, яка передає рух від електродвигуна до виконавчого органу або від одного виконавчого органу до іншого, називається кінематичним ланцюгом. Розрізняють кінематичні ланцюги головного руху, руху подач, прискорених і взаємопов'язаних рухів.

Запозичується рух в кожному кінематичному ланцюзі від певного органу верстата і закінчується на відповідному виконавчому органі. Ці органи початку й кінця ланцюгів називаються кінцевими ланками кінематичних ланцюгів. Відношення рухів кінцевих ланок кінематичних ланцюгів один до одного дорівнює загальному передаточному відношенню кінематичного ланцюга між кінцевими ланками, яке, в свою чергу, дорівнює добутку передаточних відношень усіх механізмів, що беруть участь у передачі руху між кінцевими ланками ланцюга. Рухи кінцевих ланок будь-якого кінематичного ланцюга з урахуванням передаточних відношень усіх проміжних ланок (передач) можна виразити через *рівняння кінематичного балансу* цього ланцюга.

На рис. 9 показана спрощена кінематична схема токарно-гвинторізного верстата. Головний рух надається шпинделю таким кінематичним ланцюгом: електродвигун $N = 7\text{кВт}$, $n = 1450$ об/хв — пасова передача 225/254 — реверсивний механізм з двосторонньою фрикційною муфтою M_1 - 12-ти ступінчаста коробка швидкостей з пересувними блоками зубчастих коліс B_1 , B_2 і B_3 — шпиндель. Вал I обертається з постійною швидкістю $\omega = 1450 \cdot 225/254 \cdot 0,98 = 1260$ об/хв. На вал II рух передається при включенні муфти M_1 вліво через колеса 30-60 (пряме обертання шпинделя), а при включенні муфти вправо - через колеса 36-28-36 (зворотне обертання шпинделя). При нейтральному положенні муфти M_1 рух на вал II передаватися не буде. (Подальший аналіз кінематичного ланцюга головного руху розглядатимемо тільки для прямого обертання шпинделя). Вал II обертається також з постійною швидкістю $n = 1260 \cdot 30/60 = 630$ об/хв. На вал III рух передається через потрійний блок зубчастих коліс B_1 : через колеса 36-36, 40-32 або 32-40. Вал III, таким чином, може обертатися з трьома різними швидкостями: $n_1 = 630 \cdot 32/40 = 500$, $n_2 = 630 \cdot 36/36 = 630$ і $n_3 = 630 \cdot 40/32 = 800$ об/хв. З вала III на вал IV кожна з цих трьох швидкостей може передаватися за допомогою подвійного рухомого блока B_2 через колеса 32-50 або 46-36 і вал IV набуває вже шість швидкостей: $n_1 = 500 \cdot 32/50 = 320$; $n_2 = 630 \cdot 32/50 = 400$; $n_3 = 800 \cdot 32/50 = 500$; $\omega_4 = 500 \cdot 46/36 = 630$; $n_5 = 630 \cdot 46/36 = 800$; $n_6 = 800 \cdot 46/36 = 1000$ об/хв. На вал V кожна з цих 6 швидкостей може передаватися через одну з двох передач подвійного пересувного блока B_3 - 21-67 або 49-39 і вал V (шпиндель) має, таким чином, 12 швидкостей: 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000 і 1250 об/хв.

Контрольні питання

1. Як позначають металорізальні верстати?
2. За якими ознаками класифікують металорізальні верстати?
3. Що називається кінематичною парою, кінематичним ланцюгом, кінематичною схемою?
4. Що таке рівняння кінематичного балансу, як воно записується?
5. Які існують механізми для регулювання швидкостей робочих органів верстатів?

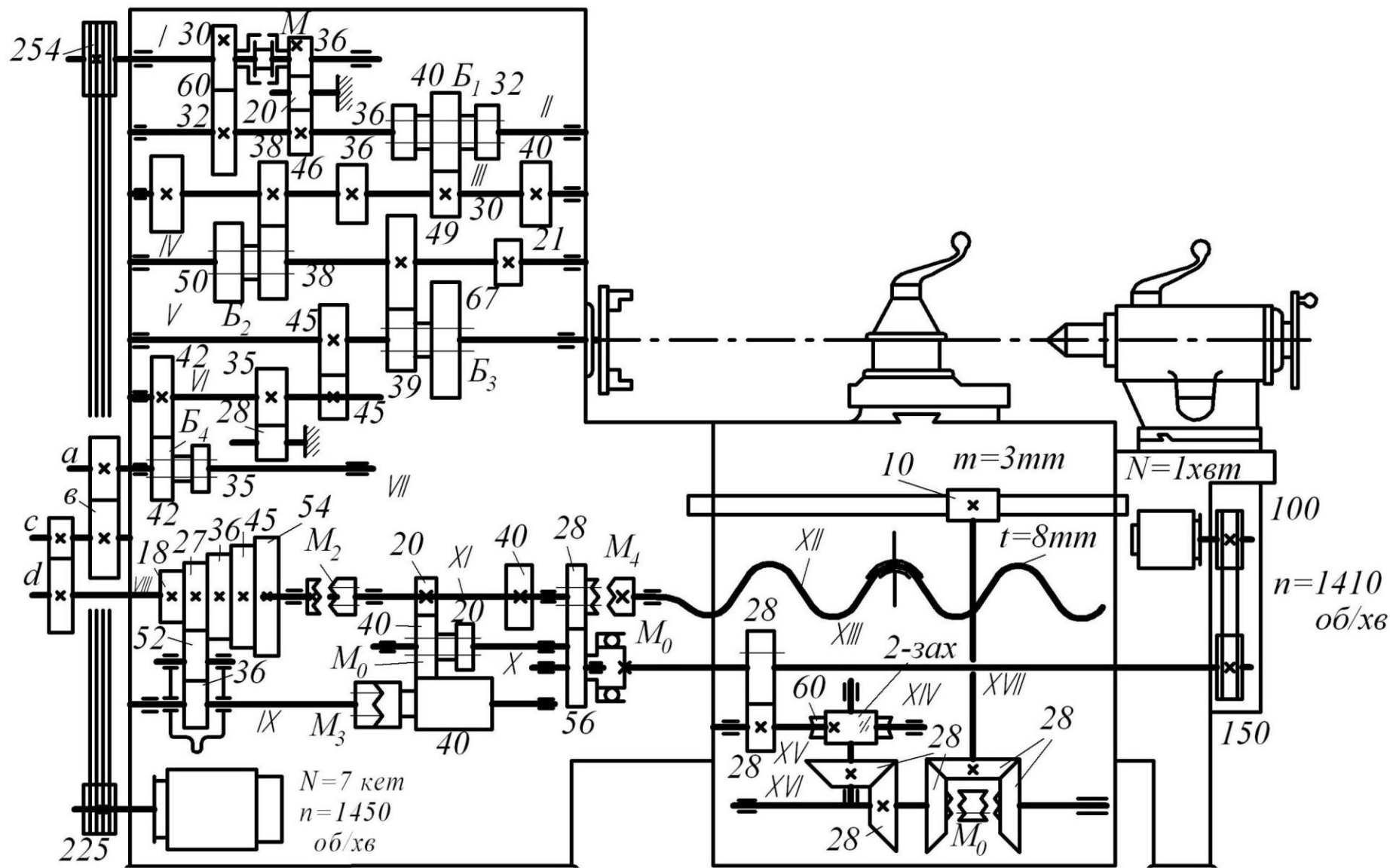


Рисунок 9 - Кінематична схема токарно-гвинторізного верстата