

**621.9  
В 781**

**Міністерство освіти і науки України  
Запорізька державна інженерна академія**

---



**С. М. Востоцький**

## **МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт**

*для студентів ЗДІА  
напряму підготовки 133 «Галузеве машинобудування»  
всіх форм навчання*

Міністерство освіти і науки України  
Запорізька державна інженерна академія

## **МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт**

*для студентів ЗДІА  
напряму підготовки 133 «Галузеве машинобудування»  
всіх форм навчання*

*Рекомендовано до видання  
на засіданні кафедри МО,  
протокол № 19 від 18.04.2017р.*

Запоріжжя  
ЗДІА  
2017

УДК 621.9  
В 781

*С. М. Востоцький, ст. викладач*

***Відповідальний за випуск:*** *зав. кафедри металургійного обладнання  
Й. К. Огінський*

**Востоцький С. М.**

В 781      Металообробні верстати: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів ЗДІА напряму підготовки 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання / Востоцький С. М.; Запоріз. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2017. – 58 с.

## ЗМІСТ

Стор.

Лабораторна робота № 1 ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ .....	5
Лабораторна робота № 2 ПОБУДОВА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ТА РОЗРАХНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ .....	22
Лабораторна робота № 3 ПОБУДОВА ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГРАМИ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ.....	25
Лабораторна робота № 4 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА НГФ-110Ш2 .....	35
Лабораторна робота № 5 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТОКАРНО- ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16К20.....	39
Лабораторна робота № 6 КОНСТРУКЦІЯ ТА ГЕОМЕТРІЯ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ .....	48
ЛІТЕРАТУРА.....	58

## **Лабораторна робота № 1**

### **ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ**

**Ціль роботи** - придбати основні навички читання основних елементів кінематичних схем металорізальних верстатів.

**Прилади й устаткування:** моделі кінематичних пар; креслярські приладдя, довідкова література.

#### **Теоретичні положення**

**Кінематичні схеми** – це спеціальні креслення, що містять умовні зображення складових частин верстата та зв'язків між ними.

Перш ніж приступити до виконання роботи студенту необхідно вивчити та засвоїти самостійно стандарти:

ГОСТ 2.701-84 – Схеми. Види та типи. Загальні вимоги до виконання;

ГОСТ 2.703-68 – Правила виконання кінематичних схем;

ГОСТ 2.721-74 – Позначення умовні графічні в схемах. Позначення загального використання;

ГОСТ 2.770-68 – Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики.

На кінематичній схемі за допомогою умовних позначень і контурів елементів дається спрощене зображення кінематичного зв'язку між окремими ланками даного механізму або виробу. До складу схеми можуть входити елементи, пристрої і функціональні групи.

**Елементи** – частини схеми, що виконують у виробі певні функції (двигун, насос, черв'як, зубчате колесо і т. п.), які не можна розділити на окремі частини з самостійним функціональним призначенням.

**Пристрій** – сукупність елементів, яка є єдиною конструкцією.

**Функціональна група** – сукупність елементів, які виконують певну функцію, але не об'єднані в єдину конструкцію.

Графічні умовні позначення елементів на кінематичних схемах, викреслюваних в ортогональних проекціях, встановлені ГОСТ 2.770-68.

Кінематичну схему викреслюють, як правило, у вигляді розгортки. Допускається вписувати схему в контур зображення виробу, а також викреслювати в аксонометричних проекціях.

Якщо при зображенні на схемі вали або осі перетинаються, то лінії, що зображають їх, в місцях перетину не розривають.

Схему починають читати з двигуна – джерела руху всіх елементів механізму.

При викреслюванні графічних зображень на кінематичних схемах використовують:

- a) суцільні основні лінії – для валів, осей, стрижнів, шатунів, кривошипів і т. п.;
- b) суцільні тонкі – для зубчастих коліс, черв'яків, зірочок, шківів, кулачків і т. п.;
- c) суцільні тонкі лінії – для контуру виробу, в який вписана схема;
- d) штрихові лінії – для позначення кінематичних зв'язків між зв'язаними ланками пари, викресленими роздільно;
- e) подвійні штрихові лінії – для позначення кінематичних зв'язків між елементами або між елементами і джерелом руху через механічні (енергетичні) ділянки;

Розташування елементів на схемі повинне відповідати початковому, середньому або робочому положенню виконавчих органів механізму.

Схеми виконують на аркушах відповідного формату без дотримання масштабу та без урахування розміщення елементів у виробі.

**Вали** на схемах **нумерують римськими цифрами** в порядку передачі руху, рахуючи від двигуна; для шківів задають діаметр і ширину, для зубчастих коліс — модуль і число зубців, для ходових гвинтів — число заходів і напрям різьби. Біля електродвигуна зазначають його потужність і кількість обертів за хвилину.

На **принципальній схемі** представляють всю сукупність кінематичних елементів і їх з'єднань, призначених для здійснення регулювання, управління і контролю заданих рухів виконавчих органів. На схемі відображають кінематичні зв'язки (механічні і немеханічні), передбачені усередині виконавчих органів, між окремими парами, ланцюгами і групами, а також зв'язки з джерелом руху.

Всі елементи на схемі зображають умовними графічними позначеннями або спрощено (зовнішніми контурами).

Співвідношення розмірів умовних графічних позначень взаємодіючих елементів на схемі повинне приблизно відповідати дійсному співвідношенню розмірів цих елементів у верстаті.

Якщо схема служить для динамічного аналізу, то на ній указують необхідні розміри та характеристики елементів, а також найбільші навантаження основних провідних елементів. На такій схемі показують опори валів і осей з урахуванням їх функціонального призначення. В решті випадків опори валів і осей допускається зображати загальними умовними графічними позначеннями.

Кожному кінематичному елементу на схемі, як правило, привласнюють порядковий номер, починаючи від джерела руху, або літерно-цифрове позиційне позначення. Порядковий номер елемента проставляють на поличці лінії-виноски. Під поличкою лінії-виноски на схемах допускається указувати: число обертання валів, діаметр шківів, число зубів зубчатих коліс, потужність двигуна і інші технічні дані, характер яких визначається призначенням схеми.

Позначення функціональних частин розташовують в послідовності їх функціонального зв'язку. Допускається враховувати дійсне розташування функціональних частин.

Схеми передачі руху від електродвигуна до виконавчих елементів верстата виконують із застосуванням умовних графічних позначень відповідно до ГОСТ 2.770-68. На кінематичній схемі зображують всю сукупність елементів і їх сполук, всі кінематичні зв'язки між парами (ремінними, зубчастими, гвинтовими та ін.), ланцюгами, а також зв'язки з джерелом руху. Схему викреслюють, як правило, у вигляді розгортки. При цьому допускається переносити елементи вниз від їхнього справжнього розташування або повертати в зручні для зображення становища. У цих випадках пов'язані ланки пари з'єднують штриховий лінією.

Вали, осі, стрижні, кривошипи зображують суцільною основною лінією. Геометричні осі елемента не зображуються. Підшипники на валу можуть мати загальне зображення або з точним зазначенням їх типу (таблиця 1.1). Розташовані

на валу деталі можуть бути закріплені на ньому глухо, обертатися щодо нього або переміщатися уздовж його осі. Передача руху від валу до валу умовно зображується за ГОСТ 2.770-68 (таблиця 1.2).

Таблиця 1.1 - Загальне зображення підшипників.

	Радіальні	Радіально-упорні однорядні	Радіально-упорні двосторонні	Упорні
Без позначення типу				
Ковзання				
Кочення (шарикові)				
Кочення (роликові)				

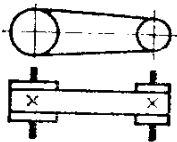
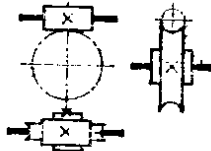
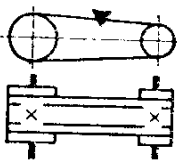
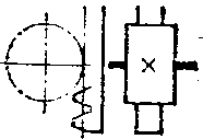
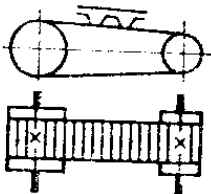


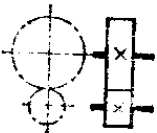
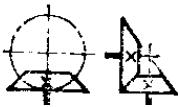
Таблиця 1.2 - Способи передачі руху.

Найменування	Умовне графічне зображення	Найменування	Умовне графічне зображення
1. Деталі на валу: шків, блок з двох зубчатих колес;		3. Муфти кулачкова,  фрикційна,  одностороння електромагнітна, двостороння гідралічна (пневматична),  обгінна самовимикаюча.	
2. З'єднання соосних валів: глухе, шарнірне, телескопічне, зубчатою муфтою, запобіжною муфтою;			



При цьому для муфт є особливі позначення. Умовні графічні зображення деяких передач, застосованих у верстатах, наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Умовні графічні зображення передач

Передача	Умовне графічне зображення	Передача	Умовне графічне зображення
Плоским пасом		Черв'ячна з циліндричним черв'яком	
Клиновим пасом		Рейкова	
Зубчатим пасом		Гвинтом с гайкою ковзання	
Зубчата передача		Гвинтом с гайкою кочення (кулькова)	
- циліндрична			
- конічна			

### Порядок виконання роботи

Відповідно на поданій вчителем німій кінематичній схемі коробки швидкостей верстата позначити усі її елементи та скласти таблицю можливих кінематичних пар між валами. Визначити кількість швидкостей.

### Вміст звіту

1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Кінематична схема з позначенням усіх елементів.
3. Таблиця кінематичних пар між валами.
4. Розрахунок кількості швидкостей коробки швидкостей верстата.



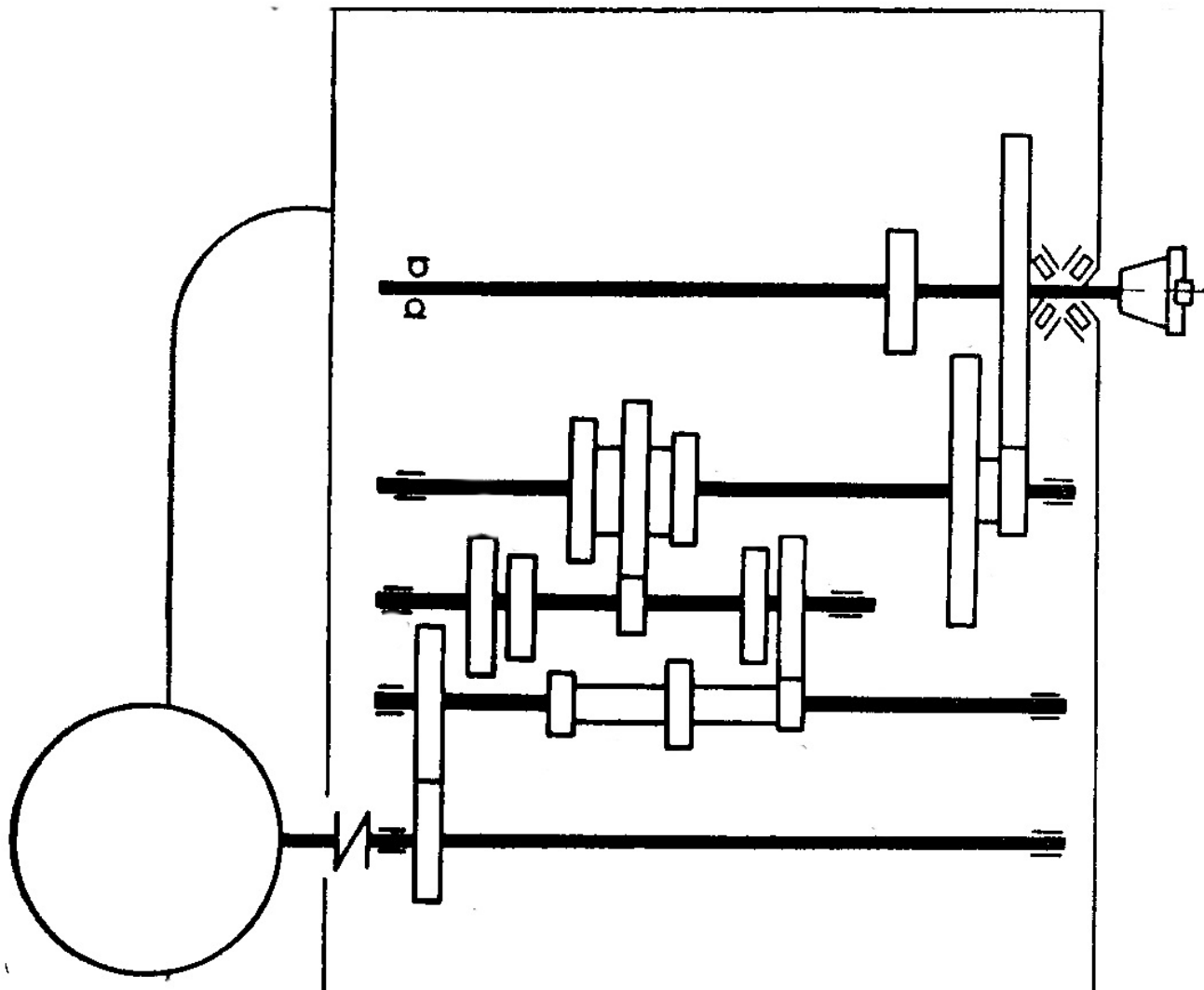


Рисунок 1.2 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата

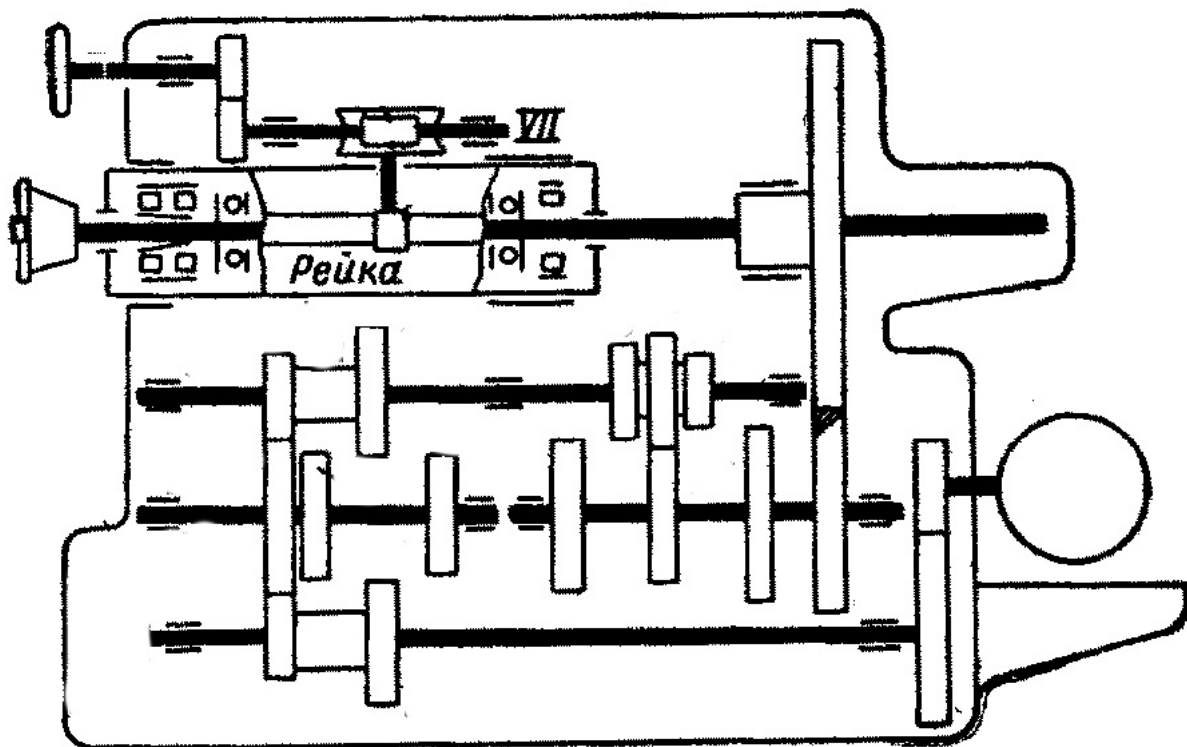


Рисунок 1.3 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей розточного верстата

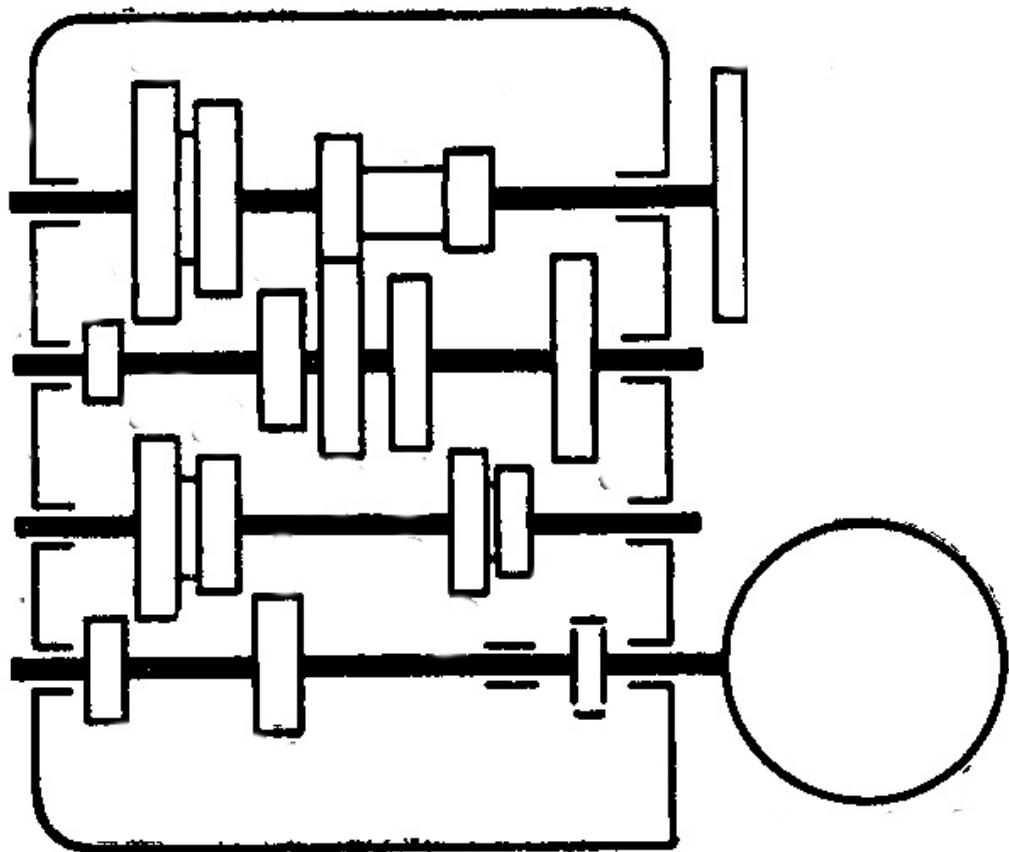


Рисунок 1.4 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата

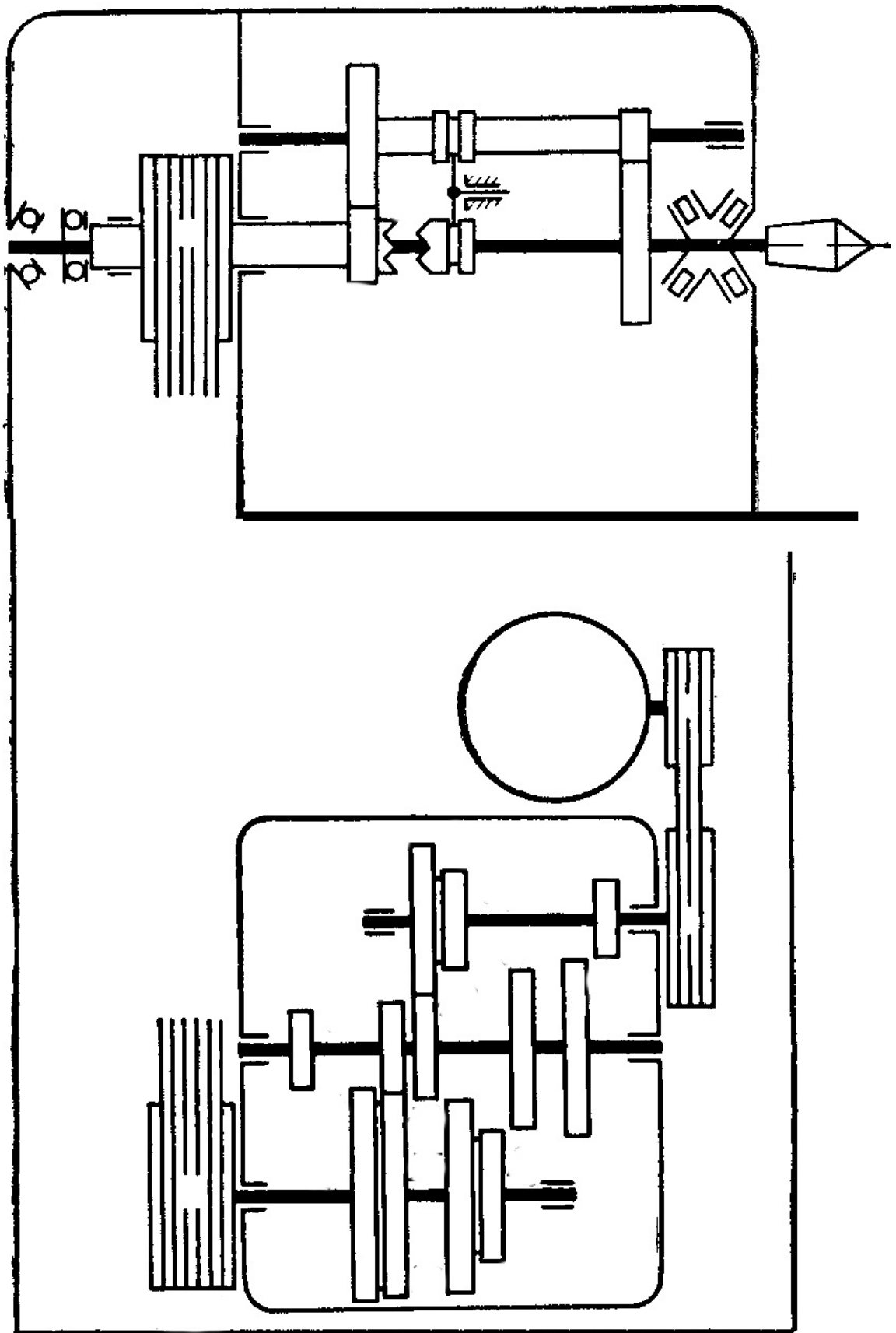


Рисунок 1.5 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата



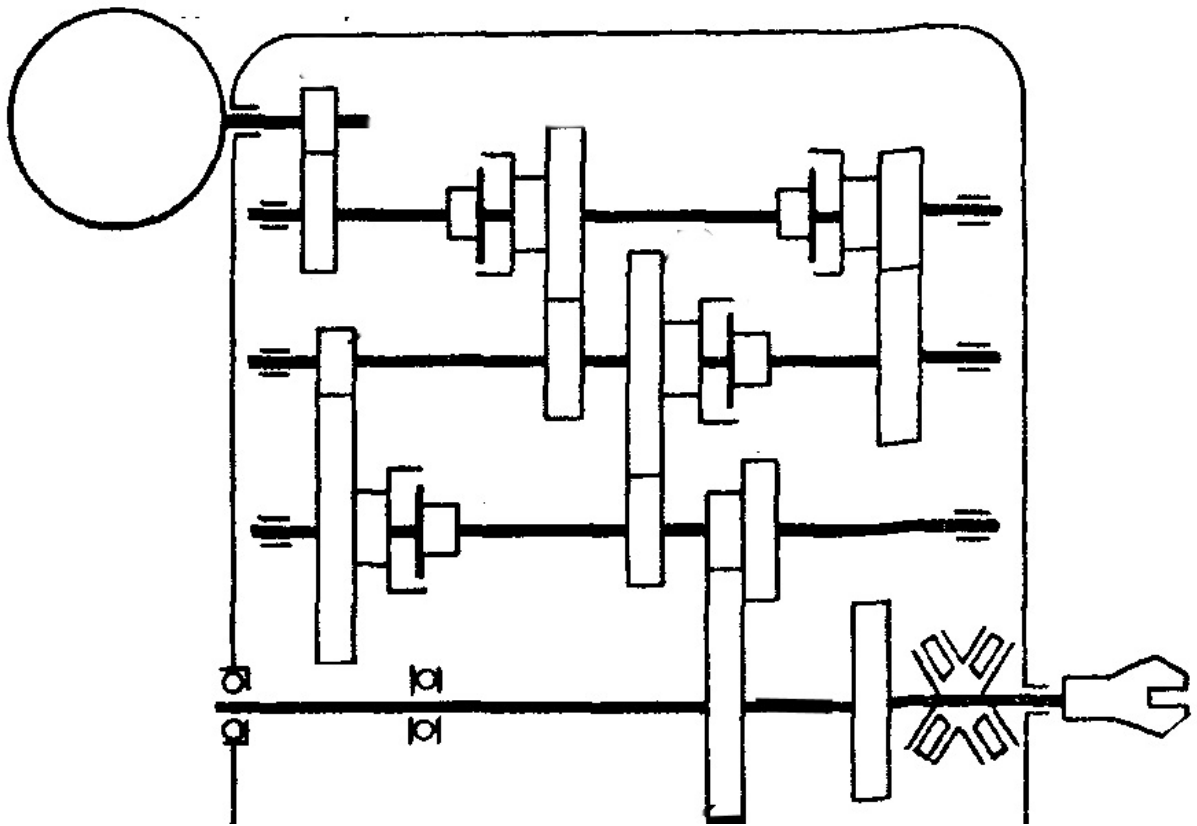


Рисунок 1.7 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата



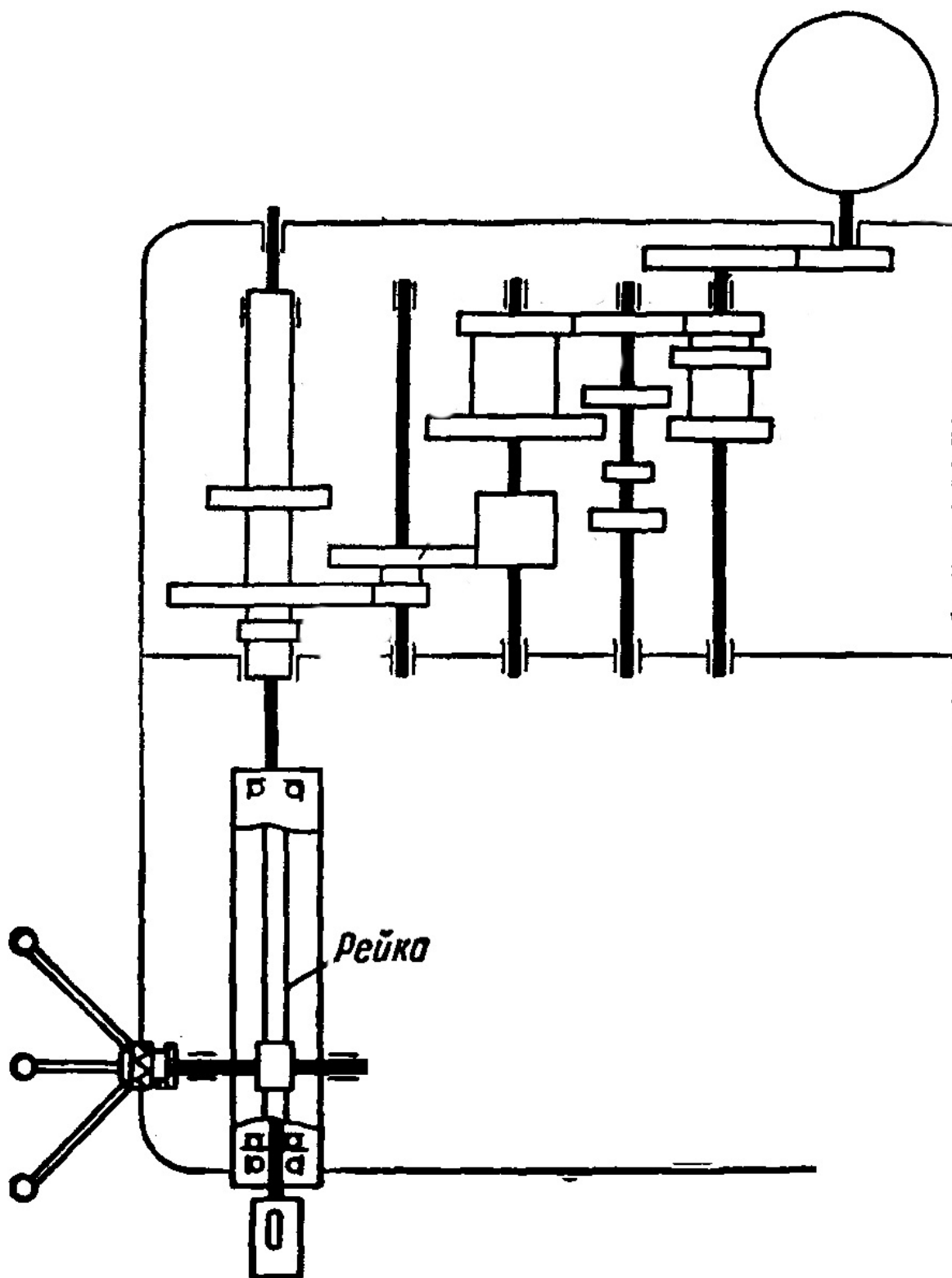


Рисунок 1.8 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей свердильного верстата

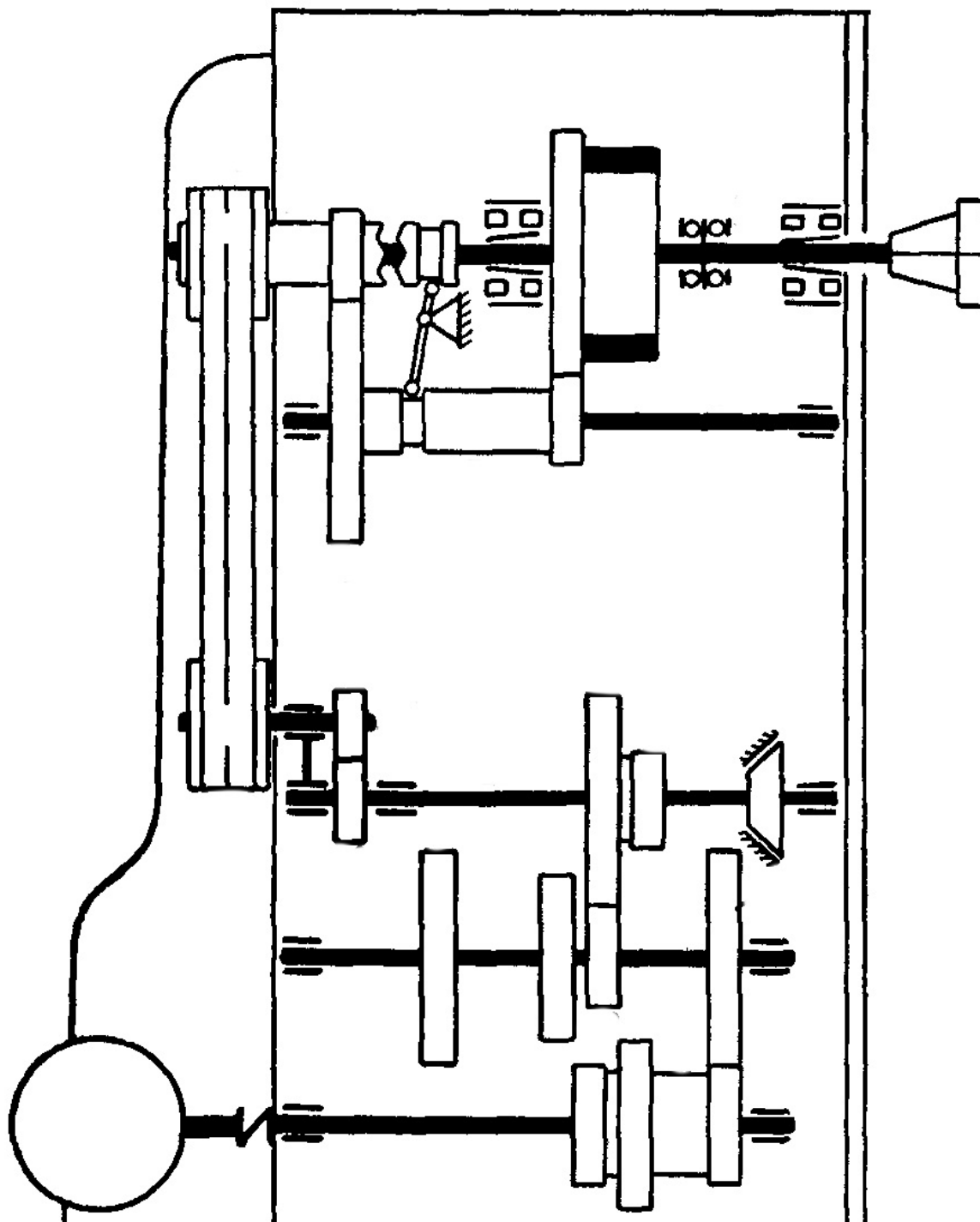


Рисунок 1.9 Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата

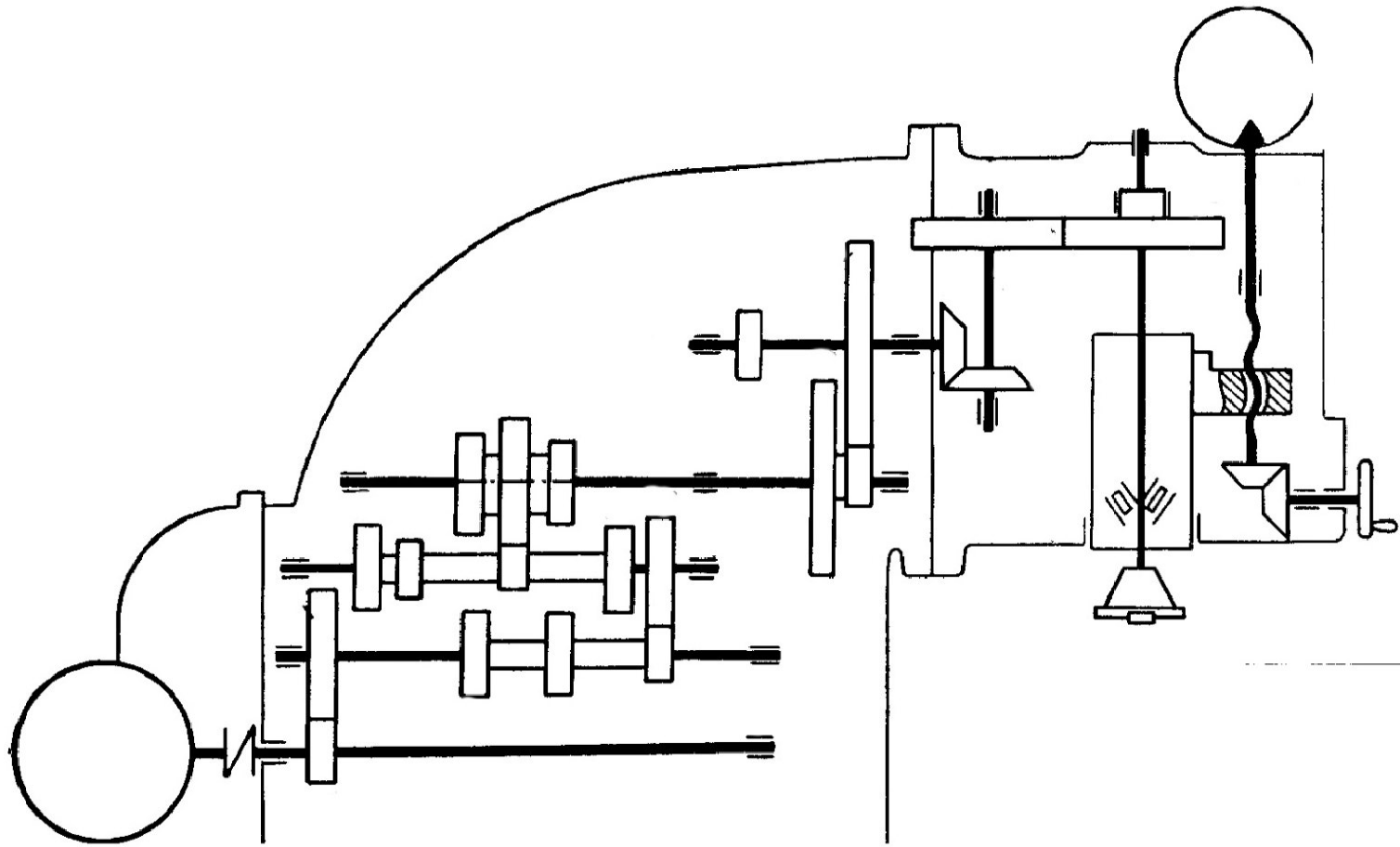


Рисунок 1.10 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей фрезерного верстата

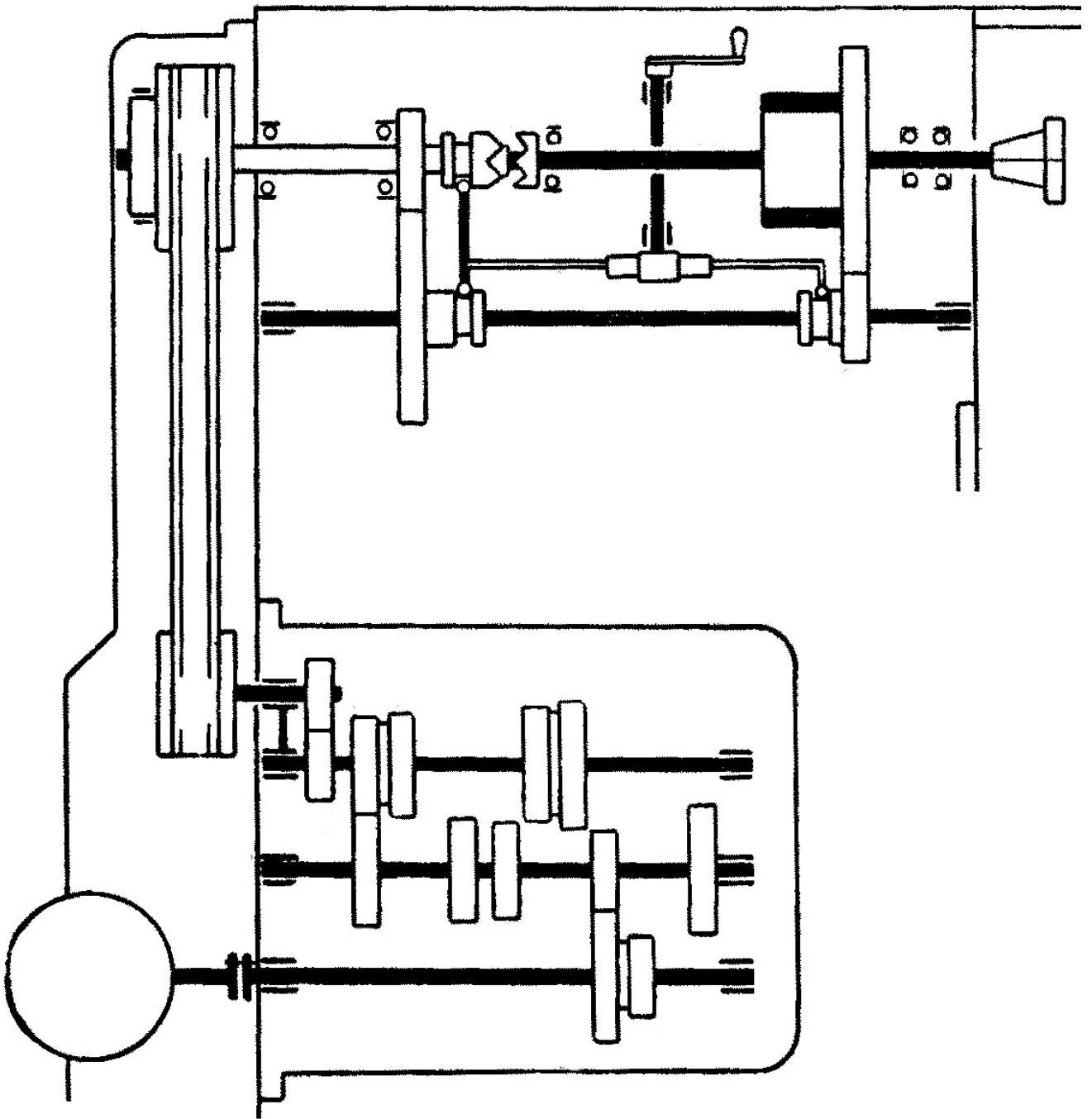


Рисунок 1. 11 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей токарного верстата

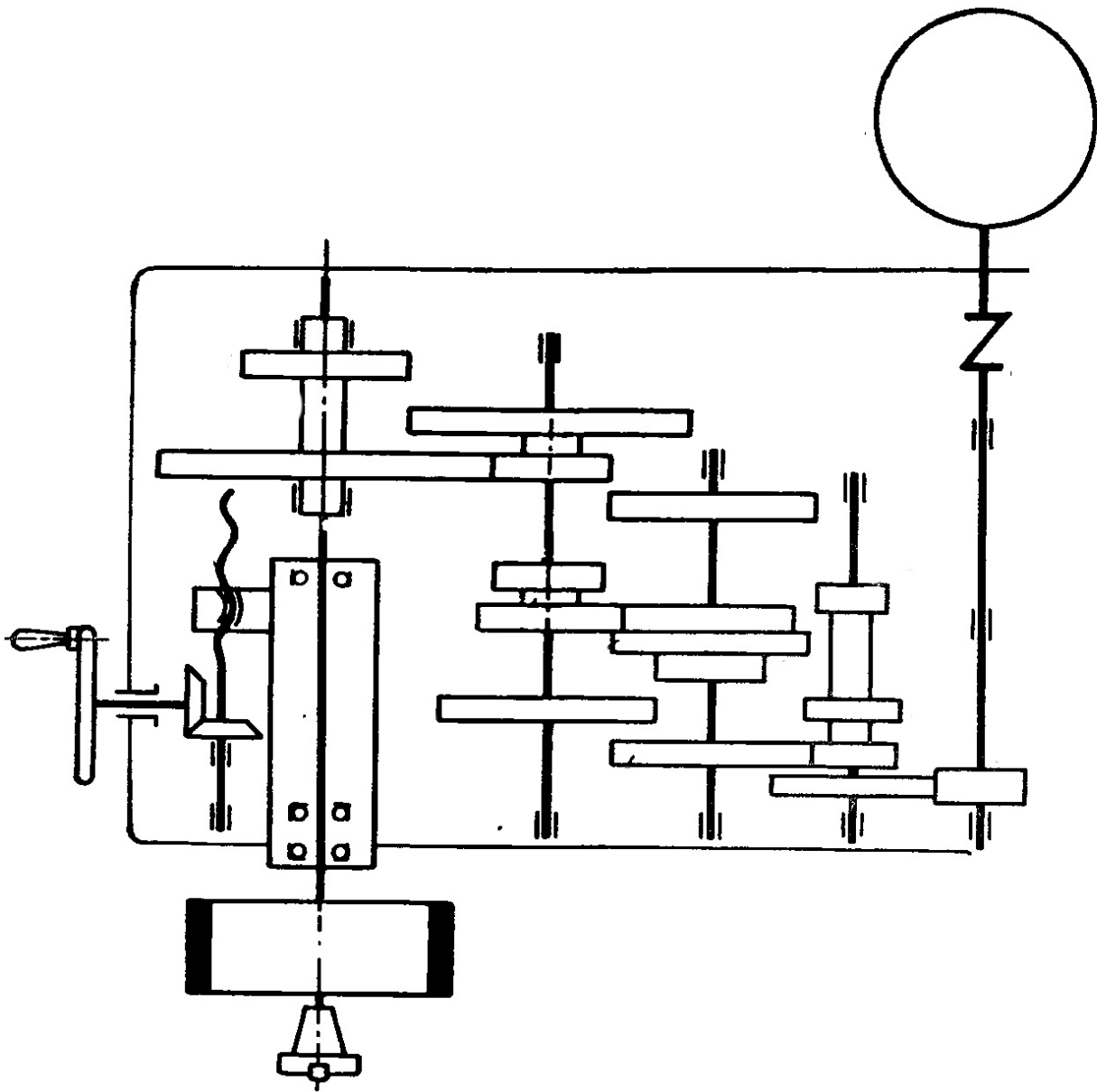


Рисунок 1.12 - Німа кінематична схеми коробки швидкостей фрезерного верстата

## **Лабораторна робота № 2**

### **ПОБУДОВА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ТА РОЗРАХНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ**

**Ціль роботи** - придбати основні навички читання та складання кінематичних схем коробки швидкостей.

**Прилади й устаткування:** лабораторна модель коробки швидкостей, креслярські приладдя, довідкова література.

#### **Теоретичні положення**

Коробка передач є основною частиною приводу шпинделя верстата і призначена для передачі руху від електродвигуна і зміни частоти обертання шпинделя. Конструктивно коробка передач або вбудовується в корпус шпиндельної бабки, чи монтується в окремому корпусі, і пов'язана зі шпинделем передачею або муфтою. Вбудовані коробки спрощують конструкцію верстата і його монтаж, забезпечують компактність приводу і простоту управління, але є джерелом вібрацій і теплоти і тому застосовуються переважно в верстатах нормальної точності. В швидкохідних і точних верстатах використовуються коробки швидкостей з роздільним приводом в окремому корпусі.

Зміна швидкості (ступеневе або безступеневе) і реверсування досягаються в коробках швидкостей використанням різних механізмів, що визначають такі основні типи коробок:

- з ковзаючими блоками з двох або трьох прямозубих коліс, що переміщуються по валу з шліцами або направляючої шпонкою. Широко застосовуються у верстатах середніх розмірів.

- з фрикційними муфтами електромагнітного або ручного включення, допускають застосування косозубих і шевронних коліс і перемикання швидкостей на ходу. Широко застосовуються у верстатах і верстатах-автоматах невеликих і середніх розмірів.

- з кулачковими муфтами, що дозволяють застосовувати косозубі і шевронні колеса і мають малі зусилля включення і невеликі переміщення. Застосовуються частіше у важких верстатах.

- з змінними зубчастими колесами, що мають малі осьові габарити, що дозволяє змінювати частоту обертання шпинделя в широких межах. Застосовуються в спеціальних і операційних верстатах, автоматах і напівавтоматах при масовому і серійному виробництві.

- з механізмами безступеневого регулювання (варіаторами), що забезпечують плавне регулювання швидкості на ходу. Застосовуються при необхідності малих габаритних розмірів в невеликих і середніх верстатах.

Коробка подач є основною частиною приводу подач, що забезпечує переміщення робочих органів верстата. Привід подач може бути незалежним (від окремого електродвигуна) або залежним (від органу головного руху верстата). У першому випадку подача вимірюється в м/с, а в другому - в мм / об.

Основним призначення коробки подач є забезпечення великого числа подач у верстаті, для чого використовуються різні механізми зміни швидкості. З метою зміни напрямку руху робочого органа верстата в приводі подач мається механізм реверсування.

Для включення механізму подач використовуються фрикційна і кулачкова муфти, пересувні зубчасті колеса та інші пристрої, розташовані зазвичай на початку ланцюга подач. Щоб уникнути поломок механізму подач при можливих перевантаженнях мається запобіжна муфта, що розташовується найчастіше між тяговим пристроєм (гвинт - гайка, зубчасте колесо - рейка й інші варіанти) і останнім валом коробки подач.

### **Порядок виконання роботи**

Скласти кінематичну схему лабораторної моделі коробки швидкостей, вказати усі елементи схеми. Пояснити та підписати призначення кожного елемента моделі.

Визначити кількість швидкостей, для цього необхідно перемножити кількість усіх можливих кінематичних пар між валами йдучи від двигуна до шпинделя.

$$N = N_{I-II} \cdot N_{II-III} \cdot N_{III-IV} \cdot N_{IV-V} \cdot \dots$$

Методом заміру частоти обертання мірного диску знайти загальне передаточне відношення для кожної швидкості.

$$i_{\text{заг. } i} = n_{\text{двигуна}} / n_{\text{диску } i}$$

$n_{\text{двигуна}}$  - частота обертання валу двигуна (постійна);

$n_{\text{диску } i}$  - частота обертання диску на швидкості яка розглядається.

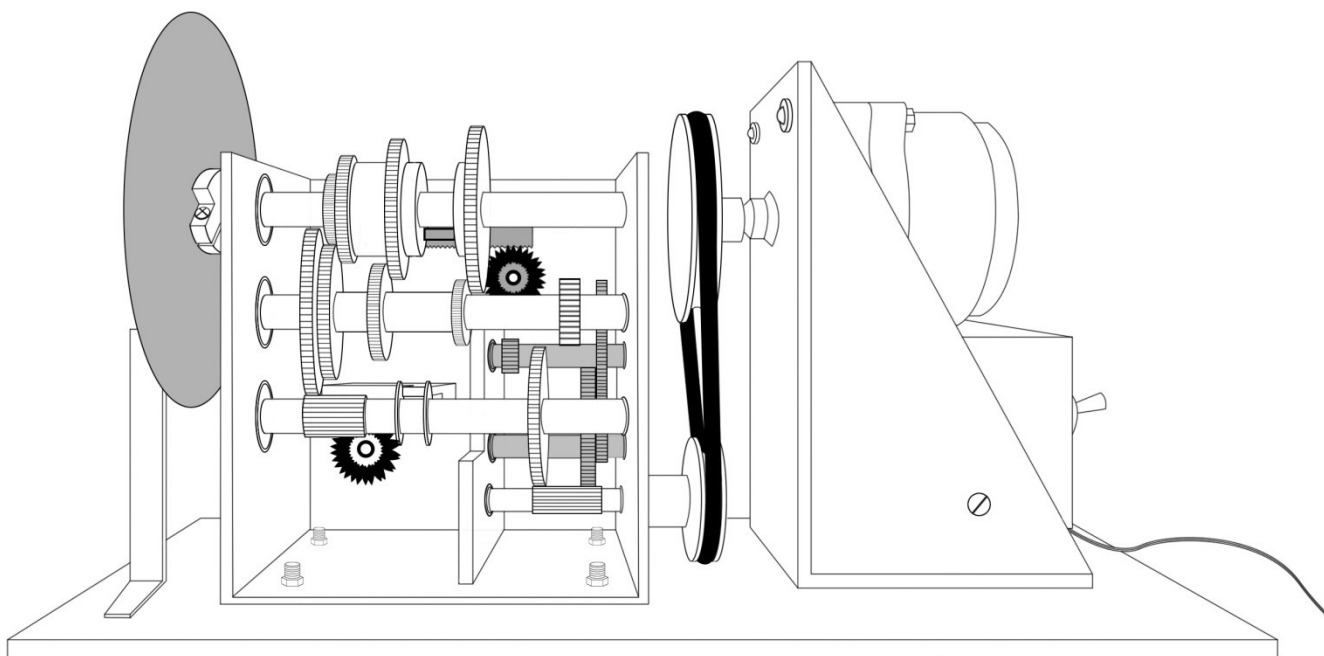


Рисунок 2.1 - Лабораторна модель коробки швидкостей

### Вміст звіту

1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Побудова кінематичної схеми моделі коробки швидкостей та позначення кожного елемента схеми.
3. Розрахунок кількості швидкостей моделі коробки швидкостей.
4. Знайти загальне передаточне відношення для кожної швидкості.



## Лабораторна робота № 3

### ПОБУДОВА ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГРАМИ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ

**Мета роботи** - придбати основні навички побудови променевої діаграми та розрахунок основних параметрів коробки швидкостей металорізального верстата.

**Прилади й устаткування:** Креслення коробки швидкостей, креслярські приладдя, довідкова література, калькулятор.

#### Теоретичні положення

Призначення шестерневих коробок передач - поетапне регулювання швидкостей робочих органів (шпинделів, столів), що досягається складанням різних кінематичних ланцюгів з шестерень коробок .

Переваги шестерневих коробок передач: можливість здійснення широкого діапазону регулювання та передачі великої потужності, надійність роботи, жорсткість характеристики.

Недоліки : неможливість безступінчатого регулювання, непридатність для швидкохідних оздоблювальних верстатів зважаючи вплив зубчастих коліс на чистоту поверхні обробки, труднощі здійснення управління на ходу.

За своїм виконання коробки швидкостей поділяються на:

1) коробки, які становлять самостійний вузол і вживані у верстатах з так званим розділеним приводом

2 ) вбудовані коробки.

Розділений привід широко застосовується в малих і середніх швидкохідних верстатах, оскільки дозволяє передавати швидке обертання шпинделя ( відповідні верхнім ступеням чисел оборотів ) за допомогою пасової передачі, а також у верстатах, в яких важко розмістити коробку передач поблизу робочого органу. Розділений привід полегшує уніфікацію коробок передач . У важких верстатах розділений привід майже не застосовується.

Вбудовані коробки застосовуються в більшості верстатів внаслідок компактності, скорочення числа виливків і зручності передачі обертання шпинделя .

У коробках передач застосовуються такі способи включення зубчастих коліс в передачу роботи: а) зміною коліс; б) пересуванням уздовж осі; в) включенням зубчастих муфт ; г) включенням фрикційних муфт.

Змінні колеса забезпечують максимальну простоту коробки, але вимагають значного часу на зміну. Зважаючи консольного розташування коліс і меншою точності їх установки застосовуються зазвичай при швидкостях не більше 8 м/с і діапазоні регулювання не більше 10 .

Пересувні колеса мають найбільше застосування в сучасних коробках швидкостей. Вони вельми надійні в роботі і забезпечують малі втрати на тертя. До їх недоліків відносяться: необхідність застосування коліс з прямими зубами, значні габарити коробок (по довжині) в порівнянні з габаритами коробок з шестеренними конусами і трудність пересування блоків коліс великих розмірів. Остання обставина перешкоджає застосуванню їх для важких верстатів .

Муфти забезпечують зручне управління, тому застосовуються в коробках важких і середніх верстатів. Муфти тертя, що допускають включення на ходу, застосовуються при необхідності перемикання швидкостей протягом обробки однієї деталі ( в токарних напівавтоматах, револьверних верстатах ) .

За своєю кінематиці коробки швидкостей поділяються на: прості двухвалові (з постійним напрямком передачі руху від одного валу до іншого; багатовалові, одержувані послідовним з'єднанням простих двухвалових передач; коробки з передачами типу переборів, в тому числі з поверненням руху на вісь ведучого валу.

Прості двухвалові коробки застосовуються переважно у верстатах з розділеним приводом. Вони дозволяють здійснити діапазон регулювання до 8 з числом ступенів до 6. Числа обертів на виході можуть бути наближено розташовані по будь-якому ряду.

Багатовалові коробки мають найбільше застосування. Вони зазвичай застосовуються для кількості ступенів від 4 до 24, розташованих по геометричному ряду.

Кожна з двухвалових передач, складених в багатовалову, може мати до чотирьох передавальних відносин (пар коліс), частіше два і три. Перші по напрямку руху двухвалові передачі проектується з великою кількістю передавальних відносин, останні - з меншим, звичайно з двома, так як зубчасті колеса на перших валах, які відчувають менші навантаження, дешевші.

У багатовалових передачах іноді застосовуються пов'язані колеса, що мають можливість зчіплюватися з колесами попереднього і наступного валів. Застосування пов'язаних коліс скорочує загальне число коліс коробки і зменшує потребу довжини валів. Однак пов'язані колеса змушують зберігати однаковий модуль в обох двухвалових передачах, в яких бере участь пов'язане колесо, і дозволяють вибирати оптимальну суму зубів тільки у однієї із зазначених двухвалових передач. Застосування двох пов'язаних коліс в більшості випадків недоцільно.

Передачі типу перебори характеризуються : 1) співвісним розташуванням ведучого і веденого елементів, 2) збігом одного з чисел оборотів в хвилину веденого елемента з числом обертів ведучого, 3) отриманням решти чисел оборотів в хвилину двома парами зубчастих коліс. Остання обставина робить застосування переборовши вигідним при великих передавальних відносинах, зокрема, в якості, останніх передач в- коробках з великими числами ступенів і великим знаменником ряду  $\phi$ . Перебори широко застосовуються у верстатах з ремінним приводом шпинделя, особливо в швидкохідних, оскільки дозволяють отримання верхніх чисел оборотів в хвилину шпинделя без участі зубчастих коліс.

Передачі з поверненням руху виходять послідовним з'єднанням передач типу перебори.

Передачі цих типів мають дуже обмежене застосування.

У коробках передач, особливо при виконанні у вигляді окремих вузлів, є можливість широкої нормалізації та уніфікації, зокрема, шестерень, валів, кришок і частково корпусних деталей .

Коробки передач швидкохідних верстатів виконуються з можливо більш коротким кінематичним ланцюгом на верхніх ступенях чисел оборотів щоб уникнути великих втрат на тертя .

Коробки передач важких верстатів мають такі особливості: 1 ) застосування муфт для легкого управління колесами ; 2) передача обертання шпинделя на всіх або тільки на нижніх ступенях чисел оборотів через колесо з внутрішнім зачепленням, укріплене до планшайби, 3) розвиток коробок в осьовому напрямку за рахунок зменшення числа осей .

Для приводу верстатів з перемиканням передач на ходу застосовуються схеми з фрикційними муфтами, з планетарними механізмами, в тому числі з багатоступінчастими, і з механічними синхронізаторами за типом автомобільних .

Змащення коробок передач виконується здебільшого не залежною від інших вузлів, циркуляційного типу, з насосом низького тиску, що приводиться в рух від одного з валів . Корпус використовується як резервуар для масла і забезпечується покажчиком рівня масла, пристроєм для заливки і спуску масла.

У металорізальних верстатах ( із ступінчастим регулюванням ) частоти обертання шпинделя призначаються за законом геометричного ряду, тобто

$$n_{\min} = n_1 ; \quad n_2 = n_1 \cdot \varphi ; \quad n_3 = n_2 \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^2 . . . . . n_i = n_1 \cdot \varphi^{i-1} ,$$

де  $\varphi$  - знаменник геометричній прогресії.

Відношення максимальної частоти обертання шпинделя верстата до найменшої називається діапазоном регулювання верстата R:

$$R = n_{\max} / n_{\min} .$$

Величина  $R$  показує універсальність верстата. Якщо число частот обертання шпинделя дорівнює  $z$ , то  $n_{\max} = n_{\min} \cdot \varphi^{z-1}$ , а величина знаменника геометричного ряду визначається :

$$\varphi = \sqrt[z-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[z-1]{R}$$

Відносна зміна частоти обертання  $\Delta n$  між двома сусідніми частотами обертання  $n_1$  і  $n_2$ , виражене в %, являє собою перепад швидкостей  $A$  :

$$A = (n_2 - n_1) / n_2 \cdot 100 \% = (\varphi - 1) / \varphi \cdot 100 \% = \text{const.}$$

Значення знаменників геометричного ряду частот обертання і перепади швидкостей металорізальних верстатів стандартизовані і наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Стандартні значення знаменників геометричного ряду і перепадів швидкостей металорізальних верстатів

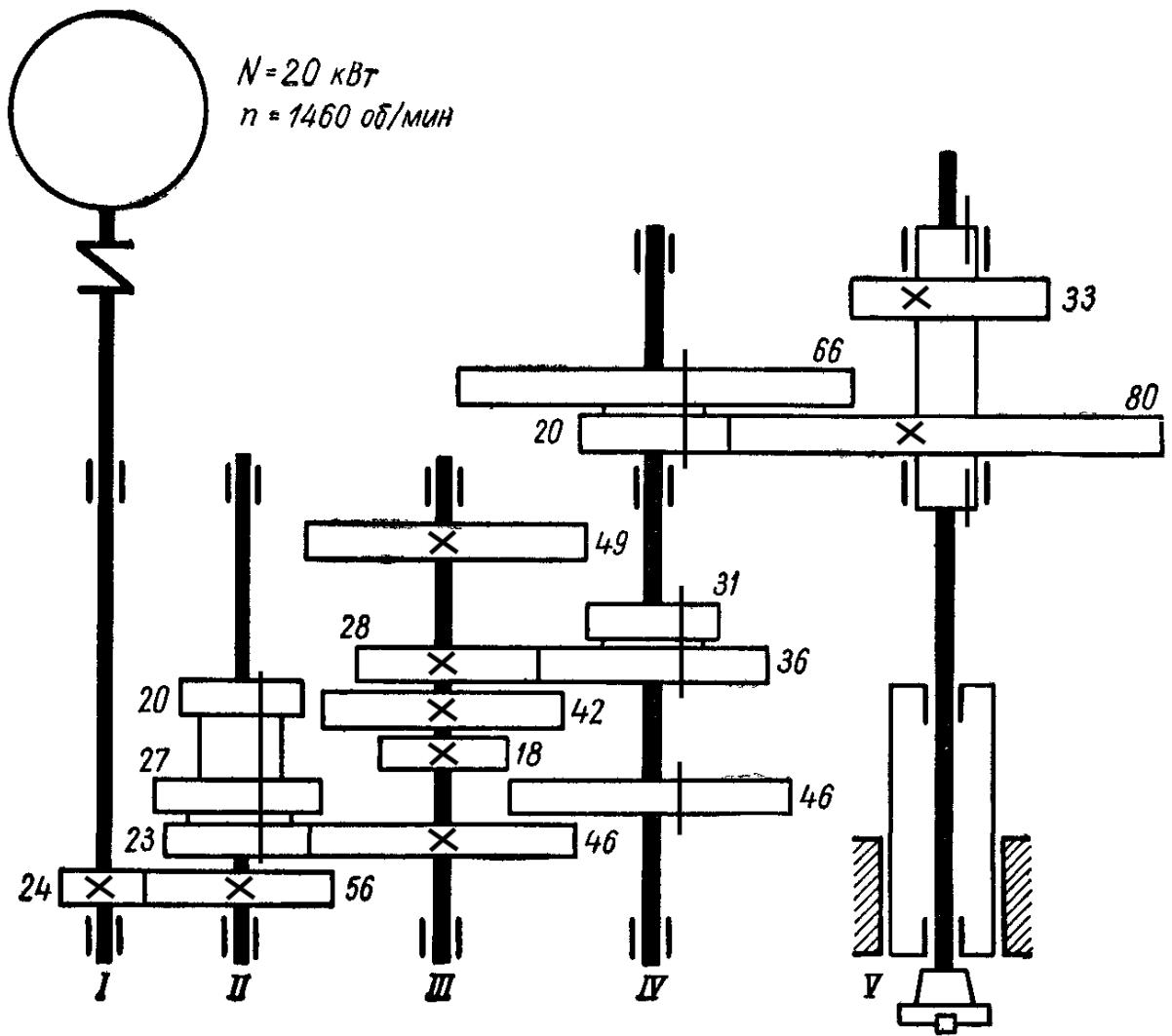
$\varphi$	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
$A, \%$	5	10	20	30	40	45	50

### Порядок виконання роботи

Відповідно до варіанту розрахувати основні параметри коробки швидкостей (кількість швидкостей  $N$ , знаменник геометричній прогресії  $\varphi$ , діапазоном регулювання верстата  $R$  та перепадів швидкостей  $A$ ). Скласти рівняння кінематичного балансу, розрахувати кількість швидкостей та побудувати променеву діаграму.

### Вміст звіту

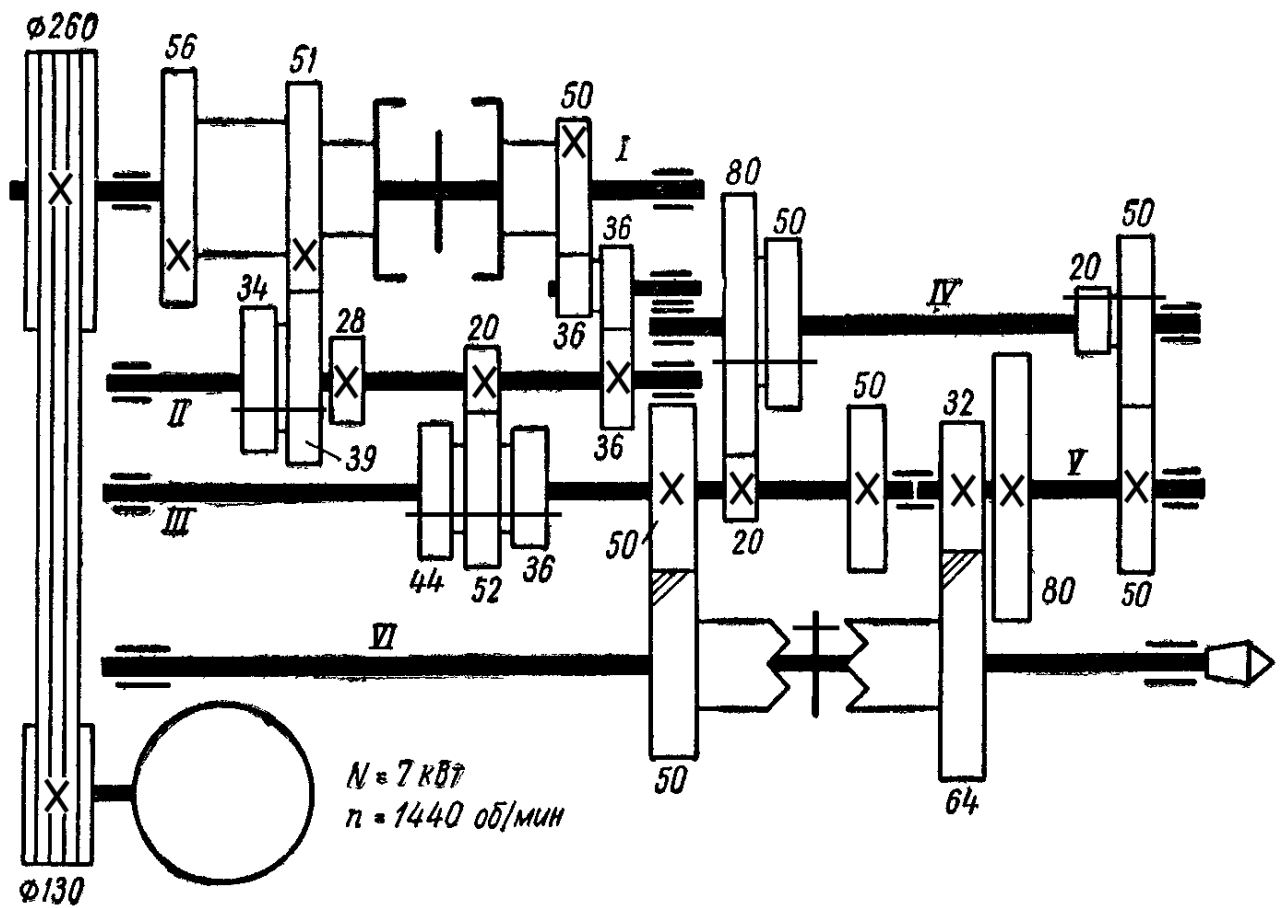
1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Опис коробки швидкостей та побудовання променевої діаграми.
3. Результати розрахунків параметрів коробки швидкостей верстата.



$n, \text{ об/мин}$

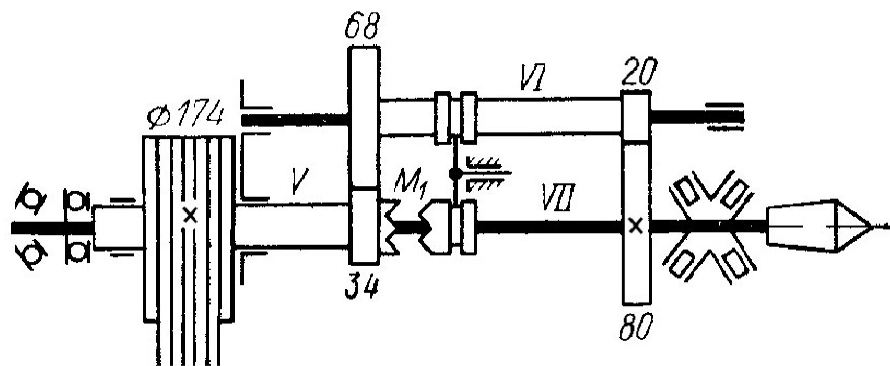
			1600
			1250
			1000
			800
			630
			500
			400
			315
			250
			200
			160
			125
			100
			80
			63
			50
			40
			31,5
			25

Рисунок 3.1 – Типова коробка передач сверлильного верстата.

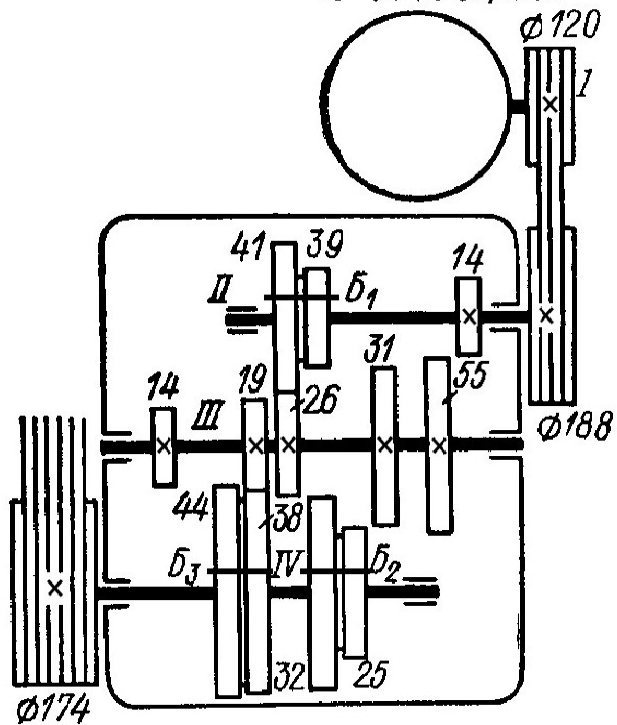


					$n, \text{об/мин}$
					1500
					1200
					960
					765
					610
					460
					370
					305
					230
					184
					150
					120
					96
					76
					58
					46
					37,5
					30
					24
					19
					14,5
					11,5

Рисунок 3.2 – Типова коробка передач токарного верстата.



$N = 4,5 \text{ кВт}$   
 $n = 1440 \text{ об/мин}$



						$n, \text{ об/мин}$
						1800
						1400
						1120
						900
						710
						560
						450
						355
						280
						224
						180
						140
						112
						90
						71
						56
						45
						35
						28
						22,4
						18
						14
						11,2
						9

Рисунок 3.3 – Типова коробка передач токарного верстата.



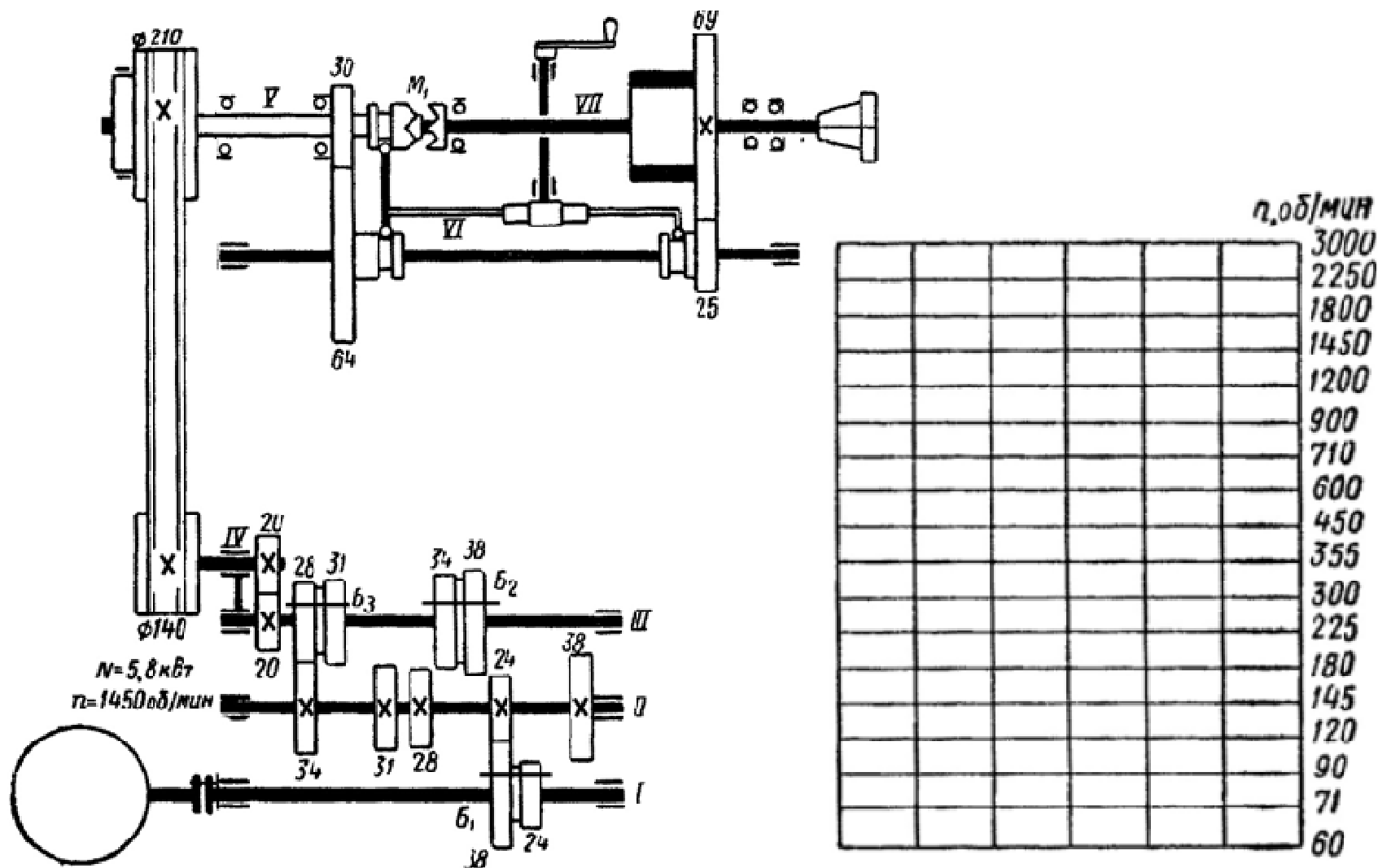


Рисунок 3.4 – Типова коробка передач фрезерного верстата.

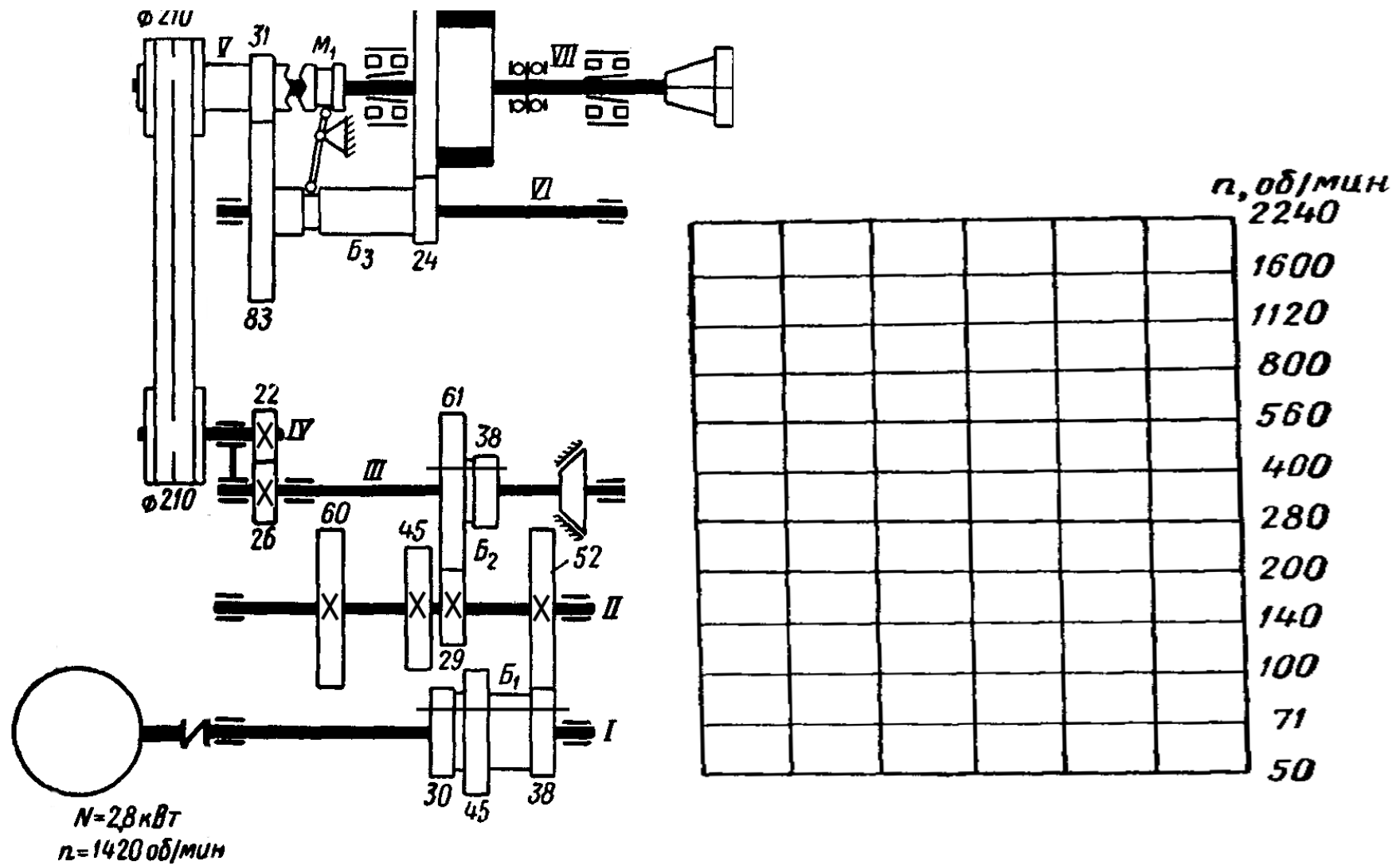


Рисунок 3.5 – Типова коробка передач фрезерного верстата.

## **Лабораторна робота № 4**

### **ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА НГФ-110Ш2**

**Ціль роботи** - Вивчення конструкції фрезерного верстата НГФ-110 та розрахунок основних параметрів його коробки швидкостей.

**Прилади й устаткування:** Горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110Ш2, інструменти, креслярські приладдя, калькулятор.

#### **Теоретичні положення**

Горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110Ш2 настільного типу призначений для виконання фрезерних операцій з обробки горизонтальних площин, пазів і інших поверхонь. Обробка площин проводиться дисковими, торцевими, кінцевими, кутовими і фасонними фрезами.

Настільний горизонтально-фрезерний верстат моделі НГФ-110Ш4 є спеціальним учбовим обладнанням і призначений для виробничого навчання в учбових закладах для обладнання навчальних майстерень.

Позначення фрезерного верстата НГФ-110Ш2:

Н - настільний верстат

Г - горизонтальний верстат

Ф - фрезерний верстат

110 - найбільший діаметр фрез, що застосовуються на верстаті (мм)

Ш - широко універсальний

2 - друга модель

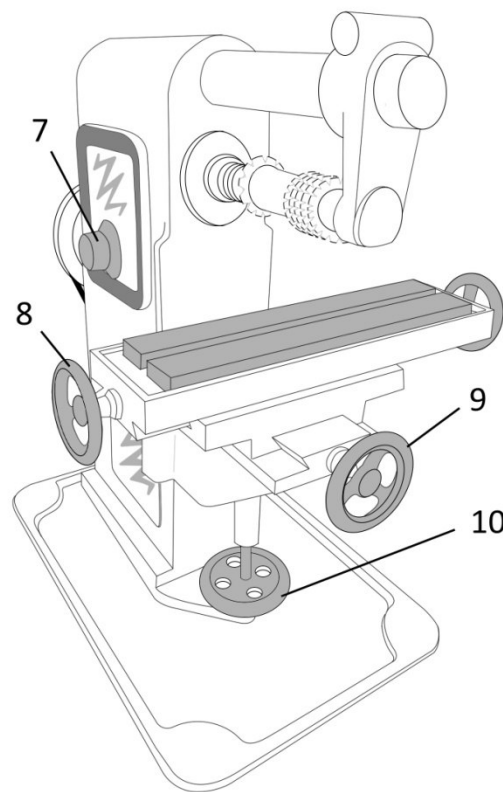
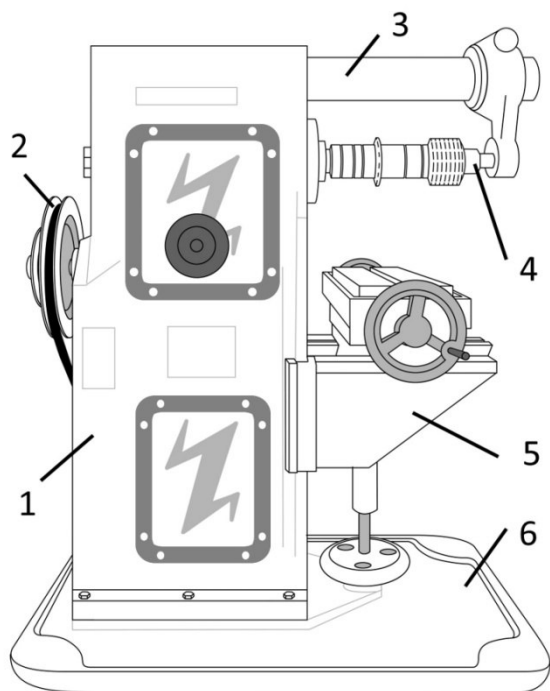
Розглянемо основні вузли горизонтального консольно-фрезерного верстата НГФ-110. На рисунку 4.1 показано загальний вигляд верстата.

Обертання від електродвигуна передається клиноремінною передачею (з двохступінчатими шківами) вхідному валу коробки швидкостей, далі через коробку швидкостей на шпиндель. Обертання в коробці швидкостей передається через шестерні нерухомо закріплені на вхідному та проміжному валу, рухливі

потрійний блок шестерень, що сидить на проміжному валу і шестерні нерухомо закріплені на шпинделі.

### Технічна характеристика верстата

Габарити столу, мм	400 x 100
Переміщення столу, мм - поздовжнє	250
Переміщення столу, мм - поперечний	85
Переміщення столу, мм - вертикальне	170
Переміщення на одну поділку лімба, мм: - поздовжнє	0,05
Переміщення на одну поділку лімба, мм: - поперечне	0,05
Переміщення на одну поділку лімба, мм: - вертикальне	0,25
Відстань від осі шпинделя до столу, мм	від 30 до 200
Конус шпинделя	Морзе 3
Найбільший діаметр фрези, мм	від 30 до 110
Частота обертання шпинделя, об/хв	100/160/250/400/630/1000
Електродвигун, кВт / Вольт / об / хв	0,75 / 380 / 1410
Габарити верстата, мм,	не більше 685 x 640 x 925
Вага верстата, кг	не більше 240



1 - стійка з коробкою швидкостей; 2 – пасова передача; 3 - хобот з сергою; 4 – оправка в шпинделі з фрезою; 5 – консоль з столом; 6 - масивна основа; 7 - рукоятка перемикання частот обертання шпинделя; 8 - маховичок поздовжньої подачі; 9 - маховичок поперечної подачі; 10 - маховичок вертикальної подачі.

Рисунок 4.1 - Горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110Ш2

Ступінчаті шківни та рухливий блок шестерень дозволяють отримати необхідні різні частоти обертання шпинделя.

Стійка 1 є базовим вузлом, на якому монтується всі інші вузли і механізми верстата. Жорсткість конструкції стійки досягається за рахунок масивної основи 6 і трапецевидного перетину стійки по висоті. Стійка 1 розділена на два відсіки. У верхньому відсіку монтується коробка швидкостей яка забезпечує ступеневе регулювання частоти обертання шпинделя, в нижньому - електрообладнання. Підбір необхідної частоти обертання здійснюється за допомогою рукоятки 7 перемикачів та перекидання паса між шківнами 2.

Для огляду коробки швидкостей необхідно зняти бічну кришку.

Шпиндель станка являє собою двоопорний порожнистий вал. Передня шийка шпинделя спирається на два радіально-упорні підшипники, а задня - на радіальний підшипник.

Консоль 5 є базовим вузлом механізму подачі. На напрямних консолі встановлений стіл. Повздовжня подача столу здійснюється через маховичок 8 від гвинта поперечної подачі. Поперечна подача столу здійснюється через маховичок 9 від гвинта поперечної подачі. Вертикальна подача консолі по напрямних стійки здійснюється через маховичок 10 від гвинта вертикальної подачі.

Регулювання швидкостей шпинделя здійснюється за допомогою рукоятки 7. Її слід повертати до тих пір, поки покажчик не займе потрібне положення.

Встановлювати фрезу на оправку 4 необхідно так щоб їх пази збігалися. Зафіксувати фрезу за допомогою настановних кілець. За допомогою гайки виконується остаточне кріплення ріжучого інструменту.

Обов'язкове дотримання техніки безпеки. Роботи необхідно здійснювати тільки під наглядом викладача та в спеціальному одязі, із застосуванням засобів індивідуального захисту. При зміні частот обертання шпинделя, та фрези на іншу, слід дочекатися повної зупинки головки шпинделя.

### **Порядок виконання роботи**

Вивчити конструкцію горизонтального консольно-фрезерного верстата НГФ-110Ш2. Замалювати повну кінематичну схему верстата та скласти рівняння кінематичного балансу коробки швидкостей. Побудувати променеву діаграму.

### **Вміст звіту**

1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Побудова кінематичної схеми верстата.
3. Запис рівняння кінематичного балансу коробки швидкостей.
4. Розрахунок кількості швидкостей коробки швидкостей верстата.
5. Побудова променевої діаграми верстата.
6. Результати розрахунків параметрів коробки швидкостей верстата.

## **Лабораторна робота № 5**

### **ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16К20**

**Ціль роботи** - Вивчення конструкції токарно-гвинторізного верстат 16К20

**Прилади й устаткування:** токарно-гвинторізний верстат 16К20 та його кінематична схема, креслярські приладдя, калькулятор.

#### **Теоретичні положення**

У верстатному парку промисловості та у випуску верстатів одне з провідних місць займає група токарних верстатів. Незважаючи на переважаючі тенденції розвитку спеціальних токарних верстатів та автоматів, що відповідають завданням отримання найбільшої продуктивності при максимальній автоматизації процесу, продовжують розвиватися і універсальні токарно -гвинторізні верстати, які широко використовуються в одиничному і дрібносерійного виробництва . Конструкторам, які займаються проектуванням токарних верстатів, майстрам з їх ремонту та модернізації необхідно знати конструкції верстатів, особливості їх проектування і вимоги, пропоновані до них при експлуатації.

Типовим представником токарно - гвинторізних верстатів є верстат моделі 16К20. Верстат призначений для виконання різних токарних робіт: обточування циліндричних і конічних поверхонь, розточування, підрізування торців, а також для нарізування метричних, дюймових, модульних, пітчевих і торцевих різьблень ( архімедової спіралі ) в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва.

Розглянемо основні вузли токарних верстатів на прикладі базового верстата, призначеного для роботи в різних галузях промисловості.

На рисунку 5.1 показано загальний вигляд верстата. Станина 8 з напрямними 6 покоїться на двох тумбах 9 і 15. На верстаті зліва знаходиться шпіндельна (передня) бабка 1, несуча шпіндель 2, який здійснює головне робоче рух V, вали коробки передач і важелі управління нею 18 і 19.

## Технічна характеристика верстата

Найбільший діаметр заготовки, що встановлюється над станиною, мм .....	400
Висота центрів, мм .....	220
Відстань між центрами, мм .....	1400
Діаметр отвору шпинделя, мм .....	47
Число частот обертання шпинделя .....	23
Діапазон частот обертання шпинделя, об / хв .....	12,5÷2000
Число подач супорта ( поздовжніх і поперечних ) .....	42
Величини подач, мм / об :	
поздовжніх .....	0,07 ÷ 4,16
поперечних .....	0,035 ÷ 2,08
Крок нарізаємого різьблення:	
метричної ( нормальної ), мм .....	1 ÷ 12
( з збільшеним кроком ), мм .....	14 ÷ 19
дюймової ( число ниток на 1' ) .....	2 ÷ 24
модульної, мм .....	( 0,5 ÷ 48 )
пітчевої, піт .....	7 ÷ 96
Потужність електродвигуна головного руху, кВт .....	10

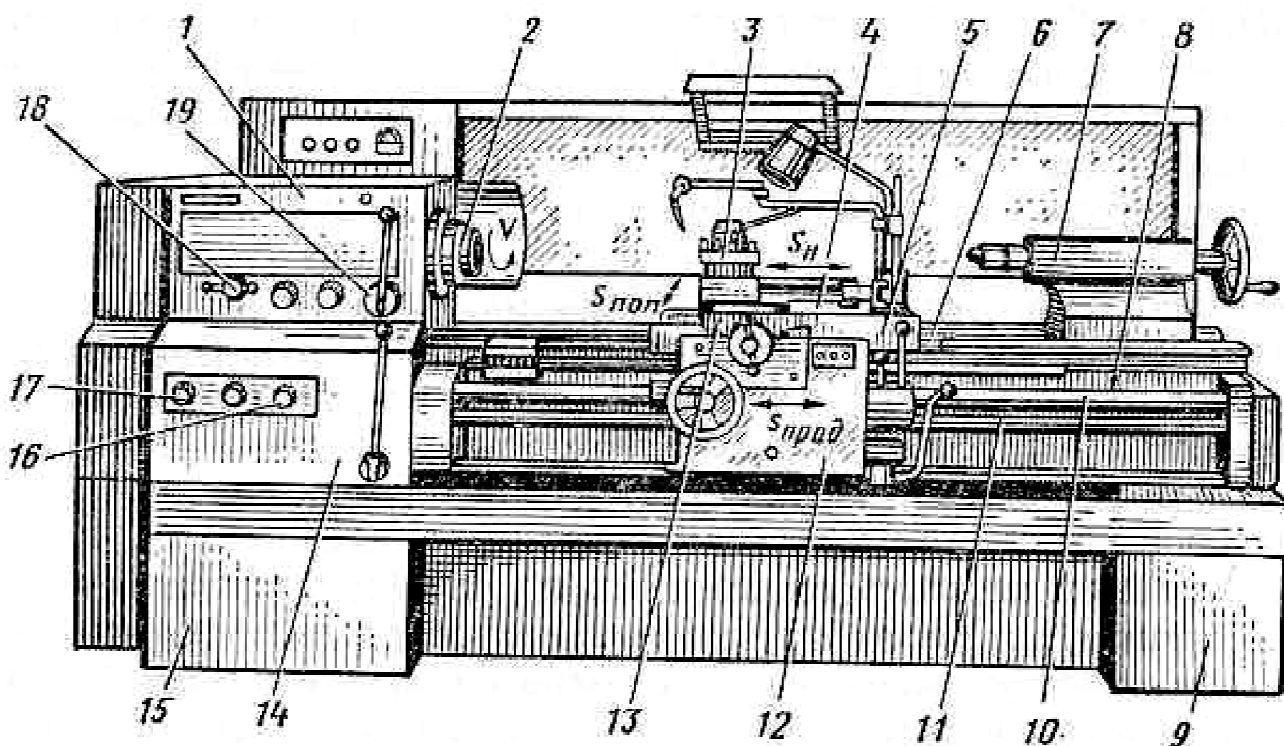


Рисунок 5.1 - Токарно - гвинторізний верстат моделі 16К20



З правого боку розташована задня бабка 7, підтримуюча заготівлю при обробці за допомогою заднього центру. По напрямних станини між обома бабками переміщається супорт (від латинського *supporto* - підтримую) із закріпленим у різцьовій голівці 3 інструментом. Супорт має нижню каретку 5 з поздовжнім переміщенням  $S_{\text{повз}}$ , середні поперечні санчата 13 з поперечним переміщенням  $S_{\text{поп}}$  верхні різцьові санчата 4 з переміщенням  $S_{\text{н}}$  в горизонтальній площині під будь-яким кутом. Таке поєднання можливих переміщень дозволяє мати рух різця по будь-якій твірної поверхні обертання. Переміщення супорта здійснюється через механізми фартуха 12 одержує рух від коробки подач 14 через ходовий гвинт 10 або ходової вал 11.

Кінематична схема верстата моделі 16К20 представлена на рисунку 5.2.

**Кінематичний ланцюг головного руху.** Від електродвигуна  $N = 10$  кВт із  $n = 1450$  хв<sup>-1</sup> через клиноремінну передачу  $\frac{142}{254}$  обертається вал I коробки швидкостей. На валу I колеса  $z = 56$  і  $z = 51$  служать для прямого обертання шпинделя та  $z = 50$  для зворотного. Обертання цих коліс здійснюється через подвійну багатодискову фрикційну муфту  $M_{10}$ . Вал II одержує дві швидкості обертань, здійснювані передатними відносинами  $\frac{56}{34}$  і  $\frac{51}{39}$ . За допомогою потрійного блоку між валами II і III здійснюються три передатні відношення:  $\frac{29}{47}$ ,  $\frac{21}{55}$ , і  $\frac{38}{38}$ ; с вала III за допомогою подвійного блоку  $\boxed{z = 88 \mid z = 45}$  на вал VI передаються дві швидкості  $\frac{22}{88}$  і  $\frac{45}{45}$ . За допомогою наступного блоку  $\boxed{z = 22 \mid z = 45}$  між валами VI і V здійснюються передатні відносини  $\frac{22}{88}$  і  $\frac{45}{45}$ . Далі обертання шпинделя здійснюється або від вала V через передачу  $\frac{27}{54}$ , або безпосередньо від вала III через передачу  $\frac{65}{43}$ .

Межі числа обертів шпинделя при прямому обертанні визначається з рівнянь:

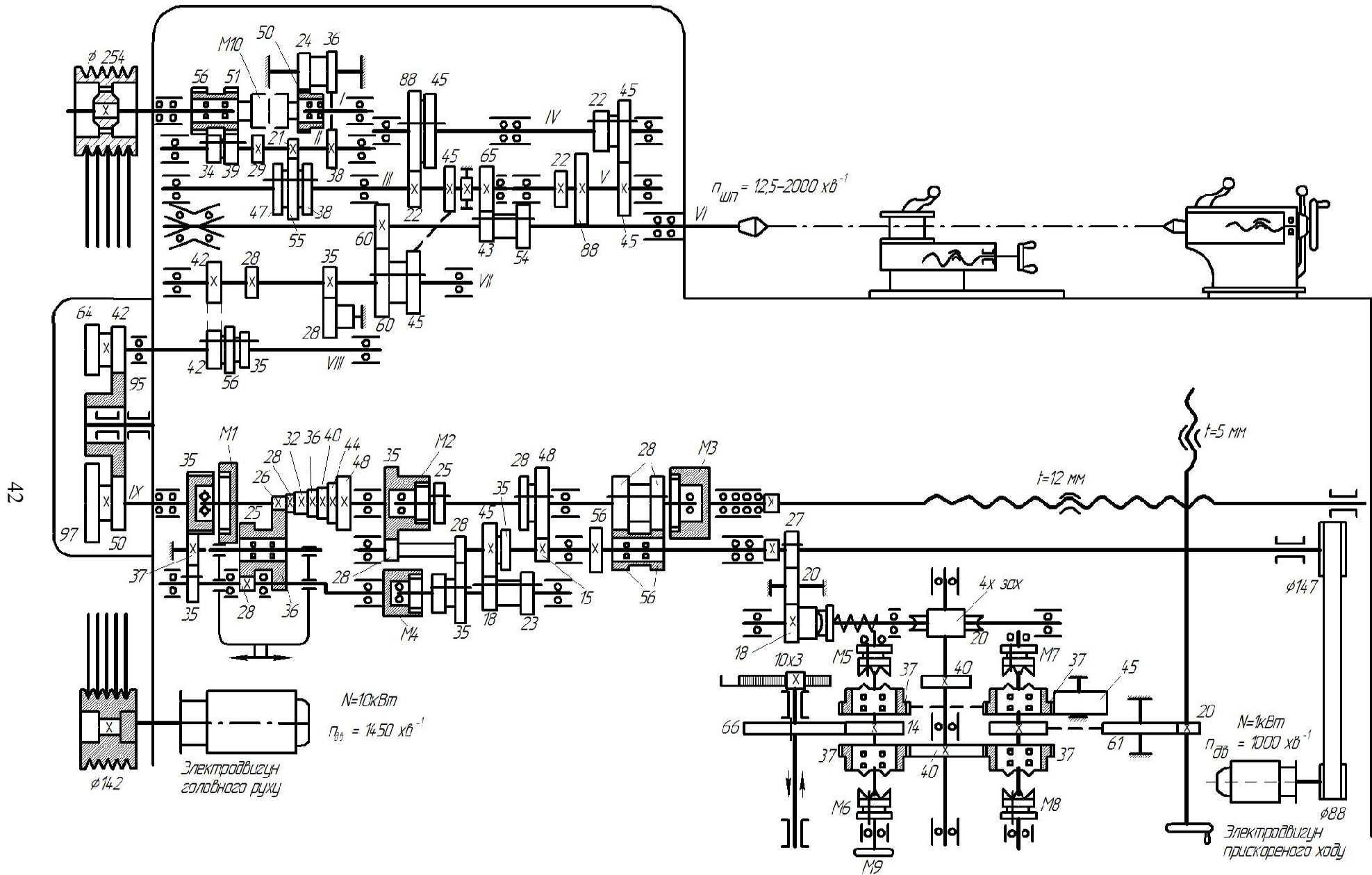


Рисунок 5.2 - Кінематична схема верстата моделі 16K20

$$n_{\min} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0.985 \cdot \frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{27}{54} = 12,5 \text{ об/хв}$$

$$n_{\max} = 1450 \cdot \frac{142}{254} \cdot 0.985 \cdot \frac{56}{34} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{65}{43} = 2000 \text{ об/хв}$$

У результаті перемикання блоків отримують 24 швидкості, але в дійсності число швидкостей шпинделя 23, тому що де які збігаються. Зворотне (ліве) обертання шпинделя здійснюється через передачі  $\frac{56}{34}$  і  $\frac{38}{38}$ , а далі як при прямому обертанні.

**Кінематичний ланцюг подачі супорта.** Поздовжнє обертання супорта здійснюється в такий спосіб від шпинделя через передачу  $\frac{60}{60}$ , далі через трензель із колес  $\frac{42}{42}$  або  $\frac{28}{35}$  або  $\frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35}$  і через гітару змінних коліс  $\frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50}$  обертається вал ІХ коробки подач. Підключивши муфту, колесо муфти  $M_1$ , починає обертати конус шестірень 26, 28, 32, 36, 40, 44, 48 і від нього накидне колесо 36. Далі через передачу  $\frac{28}{28}$  і включену муфту  $M_1$  обертається подвійний блок  $\boxed{z = 18 \mid z = 28}$ , здійснюється відключення  $\frac{18}{45}$  і  $\frac{28}{35}$ , потім через подвійний блок  $\frac{15}{48}$  і  $\frac{35}{28}$  і через  $\frac{28}{56}$  обертається ходовий вал, по якому разом з фартухом переміщається колесо  $z = 50$ .

Далі рух передається через передатне відношення коліс фартуха  $\frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{40}{37} \cdot \frac{14}{66}$  на рейкове колесо  $z = 10$  (модуль зачеплення  $t = 3$  мм) Колесо 10, перебувати в зачепленні з рейкою яка прикріплена до станини, та котиться по ній і переміщає фартух із супортом.

Включенням муфт  $M_5$  або  $M_6$  колесо  $z = 14$  обертається вправо або вліво, міняючи напрямок руху супорта. Загальне рівняння кінематичного ланцюга поздовжніх подач визначається виходячи з розрахункового періоду одного оберту шпинделя:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{\boxed{\frac{28}{56}}}{\frac{42}{42}} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{\boxed{26 \mid 28 \mid 32 \mid 36 \mid 40 \mid 44 \mid 48}}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{\boxed{\frac{18}{45}}}{\frac{28}{35}} \cdot \frac{\boxed{\frac{15}{48}}}{\frac{35}{28}} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{40}{37} \cdot \frac{14}{66} \cdot \pi \cdot 10 \cdot 3 = S \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Межі величин поздовжніх подач при включенні відповідних блоків становлять 0,07—0,13; 0,14—0,26; 0,28—0,52; 0,57—1,04; 1,14 – 2,08; 2,28 – 4,16 мм/об. Остання група подач отримується включенням ланки збільшення кроку різьблення.

**Кінематичний ланцюг поперечних подач супорта.** До черв'ячної передачі фартуха кінематичний ланцюг не відрізняється від попереднього ланцюга. Далі через колеса  $\frac{40}{37}$  або  $\frac{40}{45} \cdot \frac{46}{37}$ , включення муфт  $M_7$  або  $M_8$  і через передачу  $\frac{46}{60} \cdot \frac{60}{20}$  обертається гвинт поперечної подачі супорта. Крок різьблення гвинта 5мм., різьблення ліве. Рівняння кінематичного ланцюга аналогічно як і для поздовжніх подач. Величини подач в 2 рази менше відповідних величин поздовжніх і становить від 0,035 до 2,08 мм/об.

**Ручне поздовжнє переміщення супорта.** Маховиком  $M_9$  через передачу  $\frac{14}{66}$  обертається рейкове колесо  $z = 10$ . За одні оберт маховика супорт переміститься на величину

$$1 \cdot \frac{14}{66} \cdot \pi \cdot 14 \cdot 3 = 20 \text{ мм.}$$

**Кінематичний ланцюг для одержання метричного різьблення.** При нарізуванні різьблення для переміщення супорта бере участь ходовий гвинт із кроком 12 мм. Для цього блок коліс  $\boxed{z = 28 \mid z = 28}$  входить у зачеплення з муфтою  $M_3$ . Маткова гайка, замкнена із гвинтом, переміщається разом з фартухом і супортом. Кінематичний ланцюг не відрізняється від ланцюга поздовжніх подач, але передача фартуха не враховується. Рівняння кінематичного ланцюга в цьому випадку визначається виходячи з наступного: за один оберт шпинделя супорт із різцем повинен пройти шлях що дорівнює кроку різьблення. Рівняння запишемо в такому виді:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{\boxed{26 \mid 28 \mid 32 \mid 36 \mid 40 \mid 44 \mid 48}}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{\boxed{\frac{18}{45}}}{\frac{28}{35}} \cdot \frac{\boxed{\frac{15}{48}}}{\frac{35}{28}} \cdot \frac{28}{56} \cdot 12 = T_{\text{н.р.}}$$

де  $T_{\text{н.р.}}$  — крок різьблення що нарізується.

У цьому ланцюзі конус шестірень (26, 28, 32, 36, 40, 44, 48) є ведучим. Необхідно відзначити, що не всі колеса, перебуваючи в зачепленні з накидним колесом  $z = 36$ , дають кроки по ГОСТу, наприклад для кроку  $T_{н.р} = 1$  мм бере участь колесо конуса  $z = 32$ , що видно з рівняння кінематичного ланцюга

$$T_{\min} = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \cdot 12 = 1 \text{ мм};$$

$$T_{\max} = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{48}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{35}{28} \cdot 12 = 12 \text{ мм}.$$

У коробці швидкостей є ланка збільшення кроку різьблення. Для одержання збільшених кроків різьблень необхідно подвійний блок  $\boxed{z = 60 \mid z = 45}$  вала VII перемістити вправо до зачеплення колеса  $z = 45$  цього блоку з колесом  $z = 45$  вала III і тоді число обертів вала стосовно шпинделя буде збільшено в 16 або в 4 рази, при цьому шпиндель повинен обертатися через передачу  $\frac{27}{54}$ . Тоді всі інші передачі й ходовий гвинт будуть обертатися прискорено в 32, в 8 або в 2 рази залежно від включення блоків  $\boxed{z = 88 \mid z = 45}$  та  $\boxed{z = 22 \mid z = 45}$  на валу IV. Найбільший крок різьблення  $T_{н.р.} = 192$  мм при передатному відношенні трензеля  $i_{тр} = \frac{28}{35}$ .

**Кінематичний ланцюг для одержання модульних різьблень.** Крок модульного різьблення пропорційний числу  $\pi$ ,  $T_{н.р.} = \pi \cdot m$  ( $m$  — модуль зачеплення в мм.) Кінематичний ланцюг здійснюється аналогічно ланцюги для метричного різьблення, але в гітарі змінних коліс треба встановити колеса  $\frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97}$ .

Рівняння кінематичного ланцюга запишеться в такому виді:

$$1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97} \cdot \frac{\boxed{26 \mid 28 \mid 32 \mid 36 \mid 40 \mid 44 \mid 48}}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{\boxed{\frac{18}{45}}}{\frac{28}{35}} \cdot \frac{\boxed{\frac{15}{48}}}{\frac{35}{28}} \cdot 12 = T_{н.р.} = \pi m$$

Приклад: для  $m_{\min}$

$$m = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{15}{48} \cdot 12 = 1,57 \text{ мм}; \quad m = \frac{1,57}{\pi} = 0,5 \text{ мм}$$

для  $m_{\max}$

$$m = 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97} \cdot \frac{48}{36} \cdot \frac{25}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{35}{28} \cdot 12 = 9,42 \text{ мм}; \quad m = \frac{9,42}{\pi} = 3 \text{ мм.}$$

Для одержання великих модульних різьблень застосовують ланка збільшення кроку різьблення  $m_{\max} = 48 \text{ мм}$ .

### Кінематичний ланцюг для одержання дюймових і пітчевих різьблень.

Дюймове різьблення характеризується числом ниток на 1". Запис кінематичного ланцюга проводиться так само, як і для метричного різьблення, але конус шестірень є веденим, для чого муфта  $M_1$ , відключається від колеса  $z = 35$ , а муфти  $M_4$  і  $M_2$  виключені.

Загальне рівняння кінематичного ланцюга буде мати вигляд:

$$1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{42}{95} \cdot \frac{95}{50} \cdot \frac{35}{37} \cdot \frac{37}{35} \cdot \frac{28}{25} \cdot \frac{36}{\boxed{26 \mid 28 \mid 32 \mid 36 \mid 40 \mid 44 \mid 48}} \cdot \frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{\boxed{\frac{18}{45}}}{\frac{28}{35}} - \frac{\boxed{\frac{15}{48}}}{\frac{35}{28}} \cdot 12 \cdot t_{\text{хг}} = T_{\text{н.р.}}; \quad T_{\text{н.р.}} = \frac{25.4}{U_{\text{н.р.}}}$$

Межі чисел ниток нарізаємого різьблення:  $U_{\text{н.р.}} = 2 \div 24$  нитки па 1" Дуже рідко застосовується пітчеве різьблення, яке характеризується пітчами. Величина пітча  $p = \frac{25.4}{m}$ . Кінематичний ланцюг аналогічний як і для дюймової, але в гітарі змінних коліс установлюються колеса  $\frac{64}{95} \cdot \frac{95}{97}$ . Межі величин  $p = 7 \div 96$ , а для менших величин застосовують ланка збільшення кроку різьблення.

### Кінематичний ланцюг для нарізування особливо точних різьблень.

Ці різьблення нарізають за допомогою включення ходового гвинта, мінаючи коробці подач, скорочуючи цим кінематичний ланцюг. Для цього необхідно з'єднати ходовий гвинт із валом ІХ коробки подач включенням муфт  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  і роз'єднанням блоку коліс  $z = 25$  і  $z = 36$  від конуса в коробці подач.

Рівняння кінематичного ланцюга в цьому випадку запишеться так:

$$1 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{42}{42} \cdot x \cdot 12 = T_{\text{н.р.}}; \quad \text{де } x = \frac{T_{\text{н.р.}}}{12}$$

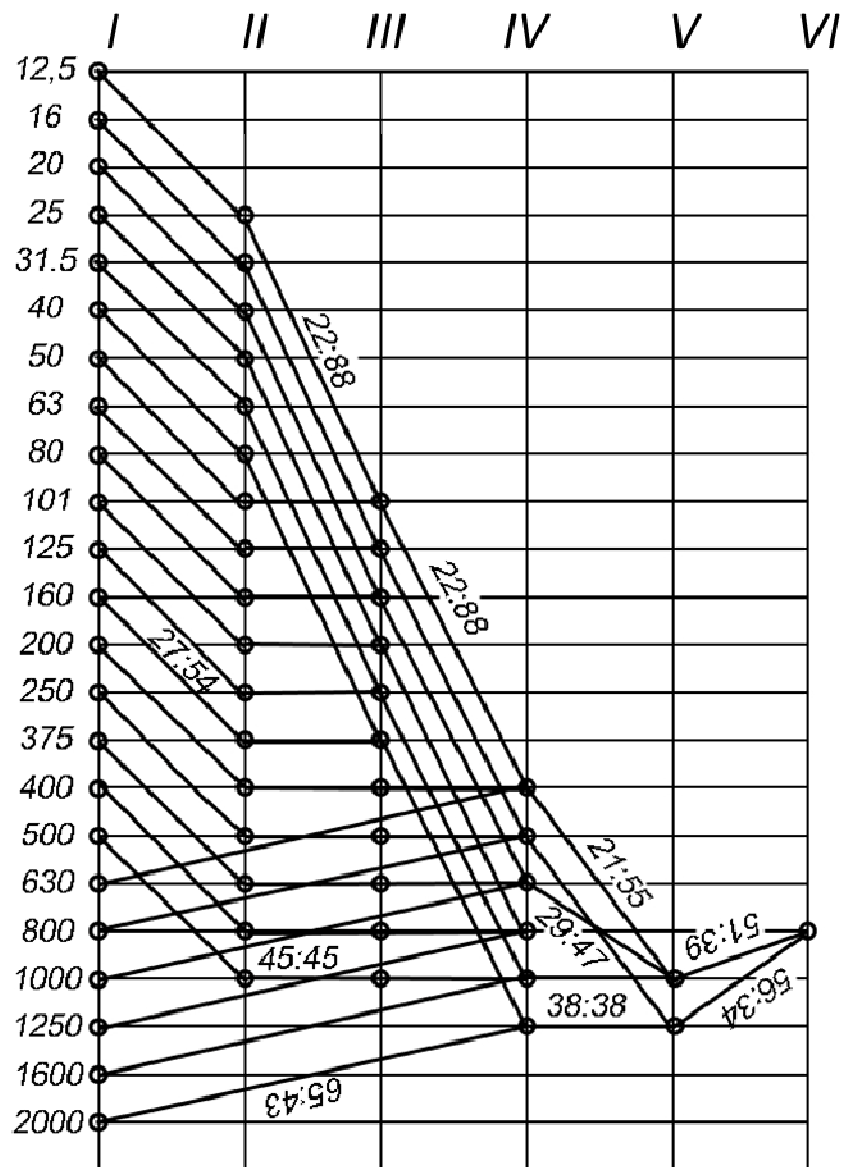


Рисунок 5.3 - Променева діаграма верстат моделі 16К20

### Порядок виконання роботи

Вивчити конструкцію токарно-гвинторізного верстат 16К20. Розібрати та вивчити кінематичну схему та скласти рівняння кінематичного балансу коробки швидкостей та коробки подач.

### Вміст звіту

1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Опис конструкції та кінематичної схеми верстата моделі 16К20.
3. Запис рівняння кінематичного балансу коробки швидкостей та коробки подач.

## Лабораторна робота № 6 КОНСТРУКЦІЯ ТА ГЕОМЕТРІЯ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

**Ціль роботи** - ознайомлення з типами різців і особливостями їх геометрії; вивчення методів виміру їх геометричних параметрів.

**Прилади й устаткування:** Прилад для виміру кутів різця, універсальний кутомір, комплект токарних різців, штангенциркуль.

### Теоретичні положення

**Режими різання.** Режими різання впливають на продуктивність праці, якість виготовлення деталей, довговічність роботи окремих деталей та довговічність роботи різального інструменту. Режим різання на будь-якому верста-ті складається із швидкості різання, подачі й глибини різання.

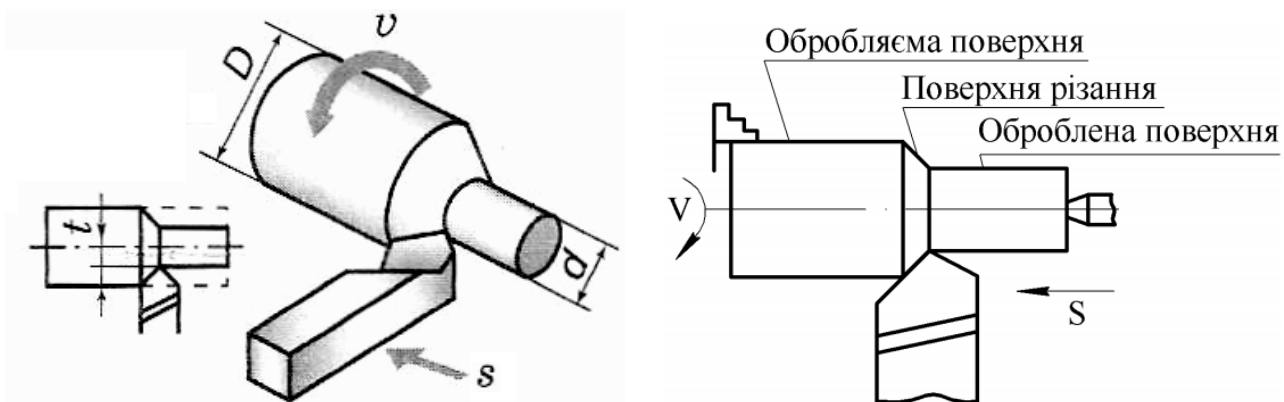


Рисунок 6.1 – До визначення режимів різання

Швидкістю різання  $V$  називають швидкість переміщення різальної кромки різця щодо оброблюваної поверхні заготовки. Її визначають за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000};$$

де  $V$  - швидкість різання, м/с;  $D$  - діаметр оброблюваної заготовки, мм;  $n$  - частота обертання, 60 та 1000 - перевідні коефіцієнти ( мм  $\rightarrow$  м, хв  $\rightarrow$  с).

Подачею  $S$  (мм/об) називають шлях переміщення різця у напрямку руху подачі за один оберт оброблюваної заготовки. Глибиною різання  $t$  (мм) називають



товщину шару металу, що зрізується за один прохід різця. Вимірюють її у напрямку, перпендикулярному до оброблюваної поверхні, і визначають за формулою:

$$t = \frac{D - d}{2};$$

де D- діаметр заготовки до обробки, мм; d - діаметр заготовки після зняття стружки, мм.

На обробляемій заготовці при знятті стружки різцем розрізняють наступні поверхні:

Обробляємо поверхня - поверхня заготовки, з якої буде зрізана стружка.

Оброблена поверхня - поверхня заготовки, отримана після зняття стружки.

Поверхня різання - поверхня, утворена на обробляемій заготовці безпосередньо ріжучою крайкою різця.

Необхідно правильно вибирати режими різання, виходячи з властивостей матеріалу, ріжучих властивостей різця та заданих точностей і чистоти обробки поверхонь. Як приклад під час обточування різцями із швидкорізальної сталі подача має становити 0,1...0,6 мм/об, а швидкість різання - 20...120 м/хв (0,3 - 2 м/с). При обточуванні твердосплавними різцями швидкість подачі повинна бути 0,3... 1,3 мм/об, а швидкість різання - 80...200 м/хв. (1,3 – 3,3 м/с).

**Токарний різець.** Основним видом ріжучого інструменту для виконання токарних робіт є різець. Різцем називається ріжучий інструмент з однією головною різальною крайкою, засто-совуваний для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання різної форми. Конс-руктивно різець (рис. 6.2) складається з двох основних частин: 1- Тіло (стержень) різця; 2 -Головка (ріжуча частина) різця.

Тіло різця служить для закріплення різця в різцетримачі верстата. Головка є робочою частиною різця і утворюється при його заточуванні. На голівці різця (рис. 6.3) розрізняють наступні елементи:

1. Передня поверхня - це поверхня, по якій сходить стружка в процесі різання.

2. Головна задня поверхня - це поверхня, звернена до поверхні різання.
3. Допоміжна задня поверхня - це поверхня, звернена до обробленої поверхні.
4. Головна ріжуча крайка - це лінія, утворена перетином передньої поверхні і головної задньої поверхні.
5. Допоміжна ріжуча крайка - це лінія, утворена перетином передньої поверхні і допоміжної задньої поверхні.
6. Вершина різця - це місце сполучення головної і допоміжної різальних крайок. Вершина різця може бути гострою, заокругленою або зрізаною.

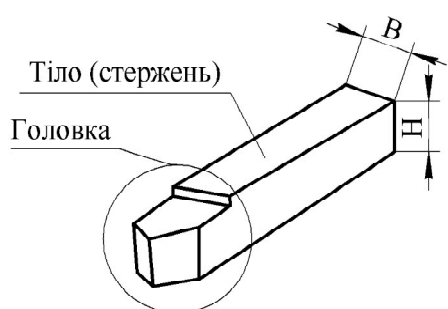


Рисунок 6.2 – Конструкція різця

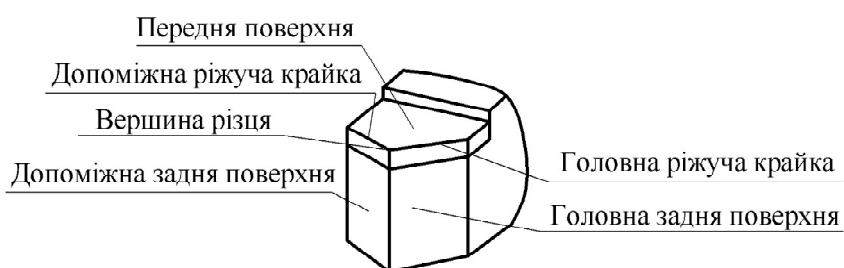


Рисунок 6.3 – Елементи головки різця

Ріжуча частина різця має форму клина, заточеного під певними кутами. Для визначення та вимірювання кутів різця в статиці приймають такі вихідні площини (рис. 6.4, рис. 6.5, та рис. 6.6):

1. Основна площина (ОП) - це площина, паралельна одночасно напрямку поздовжньої і поперечної подачі різця. У різців з призматичним стрижнем за основну площину можна приймати нижню опорну поверхню різця.
2. Головна площина різання (ГПР) - це площина, дотична до поверхні різання і проходить через головну ріжучу крайку.
3. Допоміжна площина різання (ДПР) - це площина, що проходить через допоміжну ріжучу крайку і перпендикулярно до основної площини.
4. Головна січна площина (ГСП) - це площина, перпендикулярна до проекції головної ріжучої крайки на основну площину.
5. Допоміжна січна площина (ДСП) - це площина, перпендикулярна до проекції допо-міжної різальної крайки на основну площину.

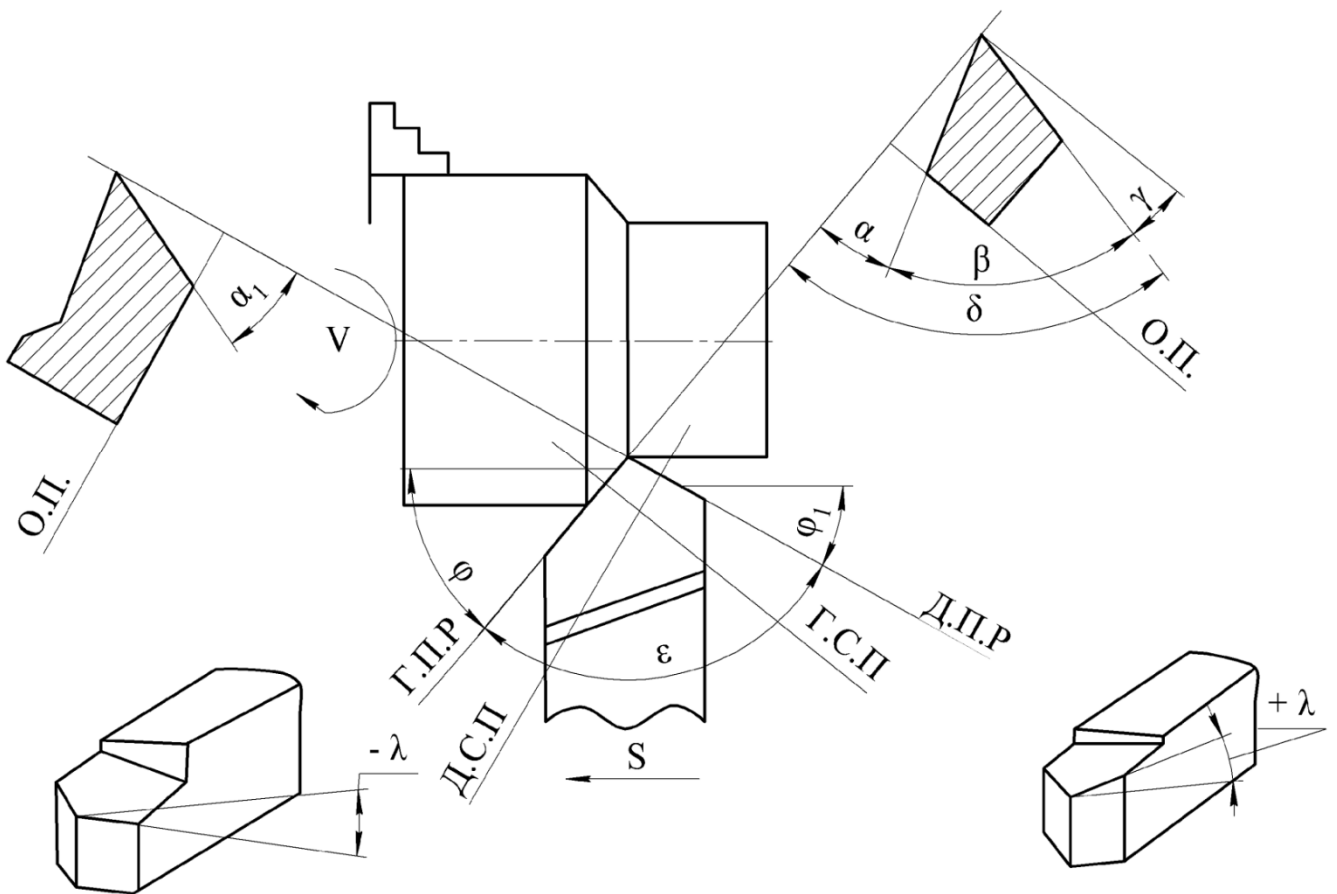


Рисунок 6.4 - Схема кутів прямого прохідного різця

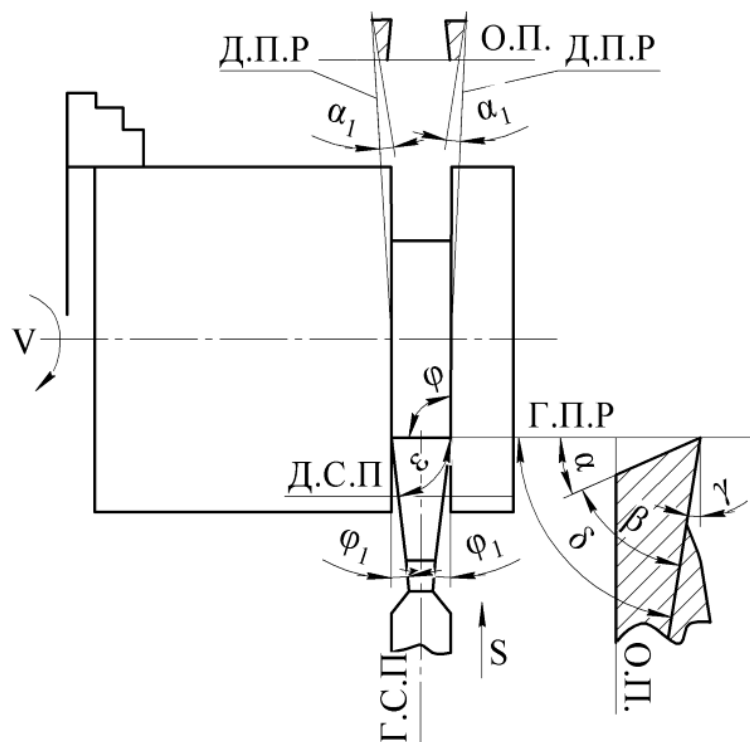


Рисунок 6.5 - Схема кутів прохідного різця

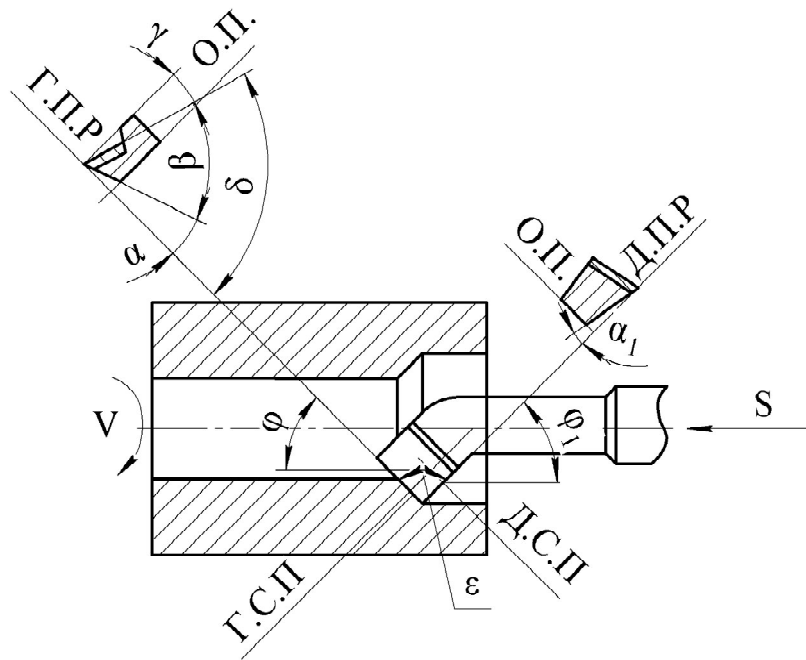


Рисунок 6.6 - Схема кутів прохідного різця

У будь якого різця необхідно розрізнати головні, допоміжні кути і кути в плані. Розглянемо ці кути на прикладі прямого прохідного різця (рис. 6.4).

Головні кути різця вимірюються в головній січній площині. До них відносяться:

1. Головний задній кут ( $\alpha$ ) - це кут, укладений між головною площиною різання і головною задньою поверхнею різця. Цей кут необхідний для зменшення тертя між оброблюваною деталлю і різцем. Зазвичай  $\alpha = 6 \div 180$ .

2. Головний передній кут ( $\gamma$ ) - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і площиною, що проходить через головну ріжучу крайку і перпендикулярно до головної площини різання. Величина переднього кута впливає на процес стружко утворення. Значення цього кута можуть бути позитивні, дорівнювати нулю або негативні. Зазвичай  $\gamma = +20 \div -100$ .

3. Кут загострення ( $\beta$ ) - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і головною задньою поверхнею різця. Величина цього кута впливає на міцність ріжучої частини інструменту і на відвід тепла від ріжучої частини різця. Чим більше цей кут, тим міцніше ріжуча частина інструмента і тим краще відведення

тепла від ріжучої крайки.  $\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$

4. Кут різання ( $\delta$ ) - це кут, укладений між головною площиною різання і передньою поверхнею різця.  $\delta = 90^\circ - \gamma$  або  $\delta = \alpha + \beta$ .

Допоміжні кути різця вимірюють в допоміжній січній площини. З допоміжних кутів звичайно контролюють тільки допоміжний задній кут.

Допоміжний задній кут ( $\alpha_1$ ) - це кут, укладений між допоміжною задньою поверхнею різця і допоміжною площиною різання.

Кути в плані вимірюються в основній площині. До них відносяться:

1. Головний кут у плані ( $\varphi$ ) - це кут, укладений між проекцією головної ріжучої крайки на основну площину і напрямом робочої подачі.

2. Допоміжний кут в плані ( $\varphi_1$ ) - це кут, укладений між проекцією допоміжної ріжучої крайки на основну площину і напрямом робочої подачі.

3. Кут при вершині ( $\xi$ ) - це кут, укладений між проекціями головної і допоміжної ріжучих крайок на основну площину:  $\xi = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$ .

#### ЗНАЧЕННЯ КУТІВ $\varphi$ ТА $\varphi_1$

Умови обробки	$\varphi^\circ$	Умови обробки	$\varphi_1^\circ$
Точіння ступінчатих заготовок недостатньою жорсткості; гостріння, розточування поверхні в упор; підрізання; прорізання; відрізання.	90	Для прохідних різців при роботі без врізання	5-15
		Для прохідних різців при роботі з врізанням: до 3mm св. 3 mm	15 20-30
Точіння на прохід заготовок малої жорсткості, розточування чавуну	60-75	Для підрізних і розточувальних різців	10-20
Точіння жорстких заготовок	45-60	Для прорізних і відрізних різців	1-2
Точіння жорстких заготовок прохідними різцями.	30-60	Для різців відігнутих перетином: до 20x30mm св. 20x30mm	45 30
Чистове точіння с малою глибиною різання	10-30	Для широких різців	0

Крім розглянутих кутів у різця необхідно знати кут нахилу головної ріжучої крайки. Кут нахилу головної ріжучої крайки ( $\lambda$ ) - це кут, укладений між ріжучою кромкою і площиною, паралельною основної площини та проведеної через

вершину різця. Значення цього кута може бути додатнім, рівнім нулю або від'ємним.

Кут вважається позитивним, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної ріжучої крайки; негативним, якщо вершина різця є найвищою точкою головної ріжучої крайки; рівним нулю, якщо головна ріжуча крайка паралельна основної площини.

Основне призначення кута нахилу головної різальної крайки ( $\lambda$ ) полягає в тому, щоб повідомити стружці бажаний напрям сходу з передньої поверхні різця. Крім того, цей кут впливає на міцність вершини різця.

При позитивному куті  $\lambda$  вершина різця зміцнюється, поліпшується відвід тепла і стружка сходить у бік обробленої поверхні. Ці значення кута застосовуються при різанні зі значними глибинами - для чорнової обробки.

При негативному куті  $\lambda$  послаблюється вершина різця, погіршується відвід тепла, але полегшується схід стружки, яка відводиться в сторону оброблюваної поверхні. Ці значення кута застосовують для чистової обробки, при різанні з невеликими глибинами.

Якщо кут нахилу головної різальної крайки дорівнює нулю, то стружка сходить перпендикулярно до головної різальної крайки.

**Конструкція універсального кутоміра.** На виробництві, в процесі заточування і експлуатації, величини кутів різця контролюють за допомогою кутових шаблонів і кутомірів різних конструкцій. Розглянемо конструкцію універсального кутоміра і порядок виміру на ньому кутів різця.

Універсальний кутомір (рис.6.7) призначений для контролю величин наступних кутів різця:

- 1) переднього кута  $\gamma$
- 2) головного заднього кута  $\alpha$
- 3) допоміжного заднього кута  $\alpha_1$
- 4) головного кута в плані  $\varphi$
- 5) допоміжного кута в плані  $\varphi_1$
- 6) кута нахилу головної різальної крайки  $\lambda$ .

Кутомір складається з основи 1 і стійки 2, по якій переміщається пристрій, що складається з блоку 3, на якому закріплено три шкали з вимірювальними лінійками 4, 5 і 6. Цей пристрій переміщається на стійці по шпоночному пазу. Воно може повертатися навколо стійки і фіксуватися в будь-якому положенні по висоті за допомогою гайки 7.

Вимірювальні ножі шкал мають гвинти, що дозволяють фіксувати необхідне їх положення по відношенню до вимірюваних поверхонь. Підстава кутоміра має направляючу планку 8, що служить для правильної установки різця в процесі вимірювання кутів  $\varphi$  та  $\varphi_1$ .

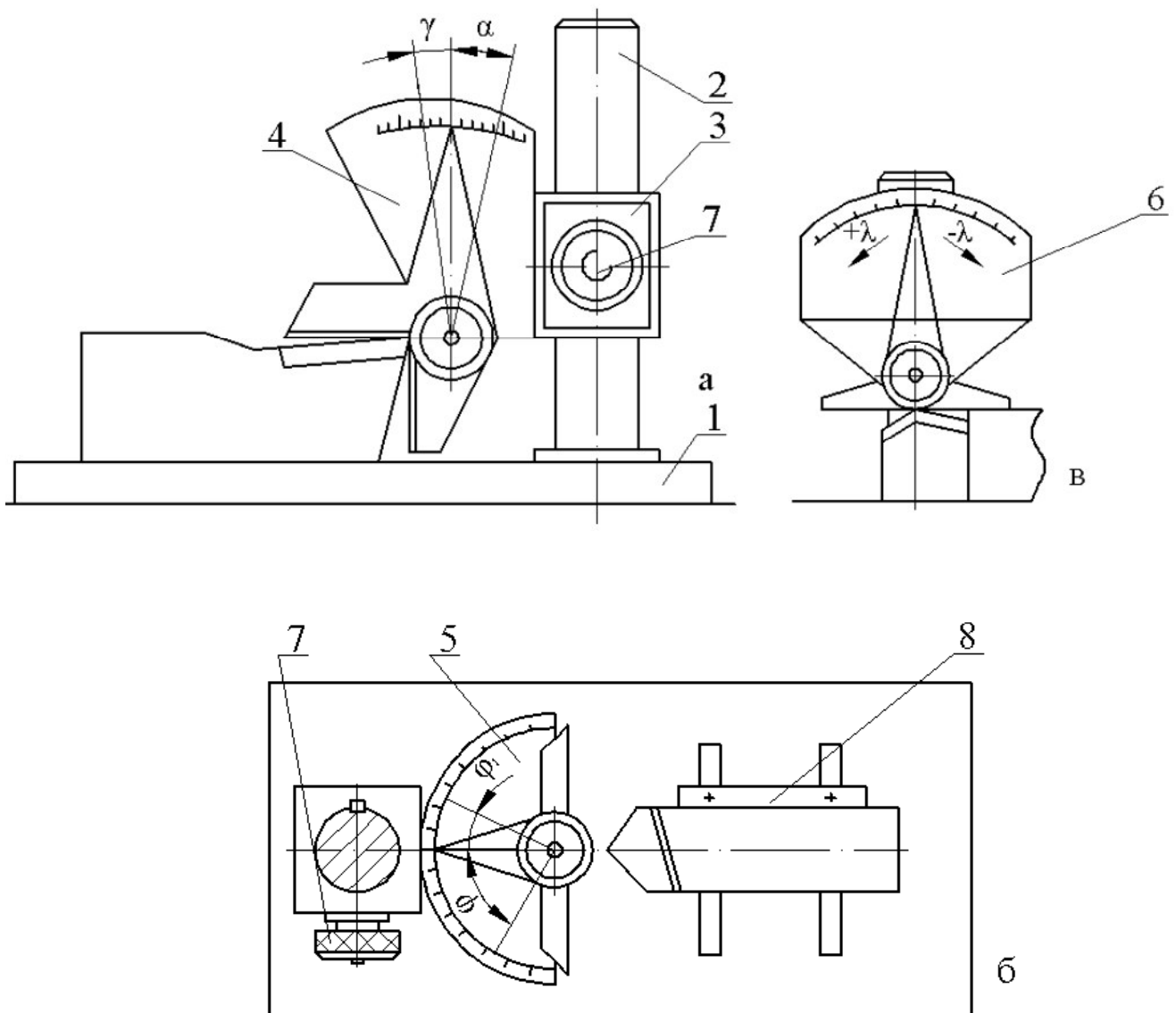


Рисунок 6.7 – Конструкція універсального кутоміра

**Методика вимірювання кутів різця** Для вимірювання переднього кута  $\gamma$  використовують вимірювальну лінійку 4 (рис.6.7а). Відносно положення лінійки і різця настроюється "на око" таким чином, що лінійка розташовується перпендикулярно до головної різальної крайки. Потім відбувається налаштування шкали з лінійкою по висоті різця. Для вимірювання кута  $\gamma$  верхня частина лінійки повертається навколо осі до зіткнення, без зазору, з передньою поверхнею різця.

Відлік величини кута проводиться за шкалою, а знак кута по напрямку відхилення лінійки від нульового розподілу шкали. При відхиленні лінійки вліво від 0 - кут  $\gamma$  додатний, при відхиленні вправо від 0 - кут  $\gamma$  від'ємний.

Вимірювання головного заднього кута  $\alpha$  проводиться аналогічним чином при тих же налаштуваннях кутоміра. У цьому випадку нижня частина лінійки наводиться в зіткнення, без зазору, з головною задньою поверхнею різця. Відлік величини кута  $\alpha$  проводиться за шкалою вправо від 0.

Для вимірювання допоміжного заднього кута  $\alpha_1$  різець встановлюється таким чином, щоб лінійка 4 була перпендикулярна до допоміжної різальної крайки. Вимірювання і відлік величини кута проводиться аналогічно виміру головного заднього кута  $\alpha$  тільки нижня частина лінійки доводиться до повного контакту з допоміжною задньою поверхнею.

При вимірі головного і допоміжного кутів у плані  $\varphi$  та  $\varphi_1$  використовують вимірювальну лінійку 5 (рис. 6.7 б). Різець встановлюється на підставі 1 стикаючись своєю бічною поверхнею з направляючою планкою 8, а лінійка 5 повертається до контакту без зазору, в першому випадку, з головною ріжучою крайкою, а в другому, з допоміжною ріжучою крайкою.

Відлік значення кута  $\varphi$  для прохідного різця проводиться вліво від 0, а кута  $\varphi_1$  - вправо від 0. У відрізного різця кут  $\varphi$  як правило, дорівнює  $90^0$  (рис.6.5), а допоміжний кут  $\varphi_1$  вимірюється від позначки  $90^0$ .

Для вимірювання кута нахилу головної різальної крайки  $\lambda$  використовують лінійку 6 (рис.6.7 в). Шкала повертається на стійці 2 в необхідне положення до зіткнення лінійки з вершиною різця. При цьому головна ріжуча кромка встановлюється паралельно вимірювальній площині лінійки. При повороті



вимірювальної лінійки до зіткнення, без зазору, з головної ріжучою крайкою показчик фіксує значення кута  $\lambda$ . При відхиленні показчика вліво від 0 - кут  $\lambda$  від'ємний, а вправо від 0 -  $\lambda$  додатній.

**Класифікація різців.** Різці класифікують за багатьма ознаками.

За напрямком подачі: лівий та правий (напрямок руху вказує відігнутий великий палець відповідної руки).

За формою головки: пряма, відігнута, відтягнута.

За видом роботи (призначення): прохідний, підрізний (торцевий), фасонний, відрізний, різбовий, канавковий, розточувальний.

За способом кріплення ріжучої частини: суцільний, зварний, з напайкою з твердого сплаву (найчастіше Т15К6), з механічним кріпленням.

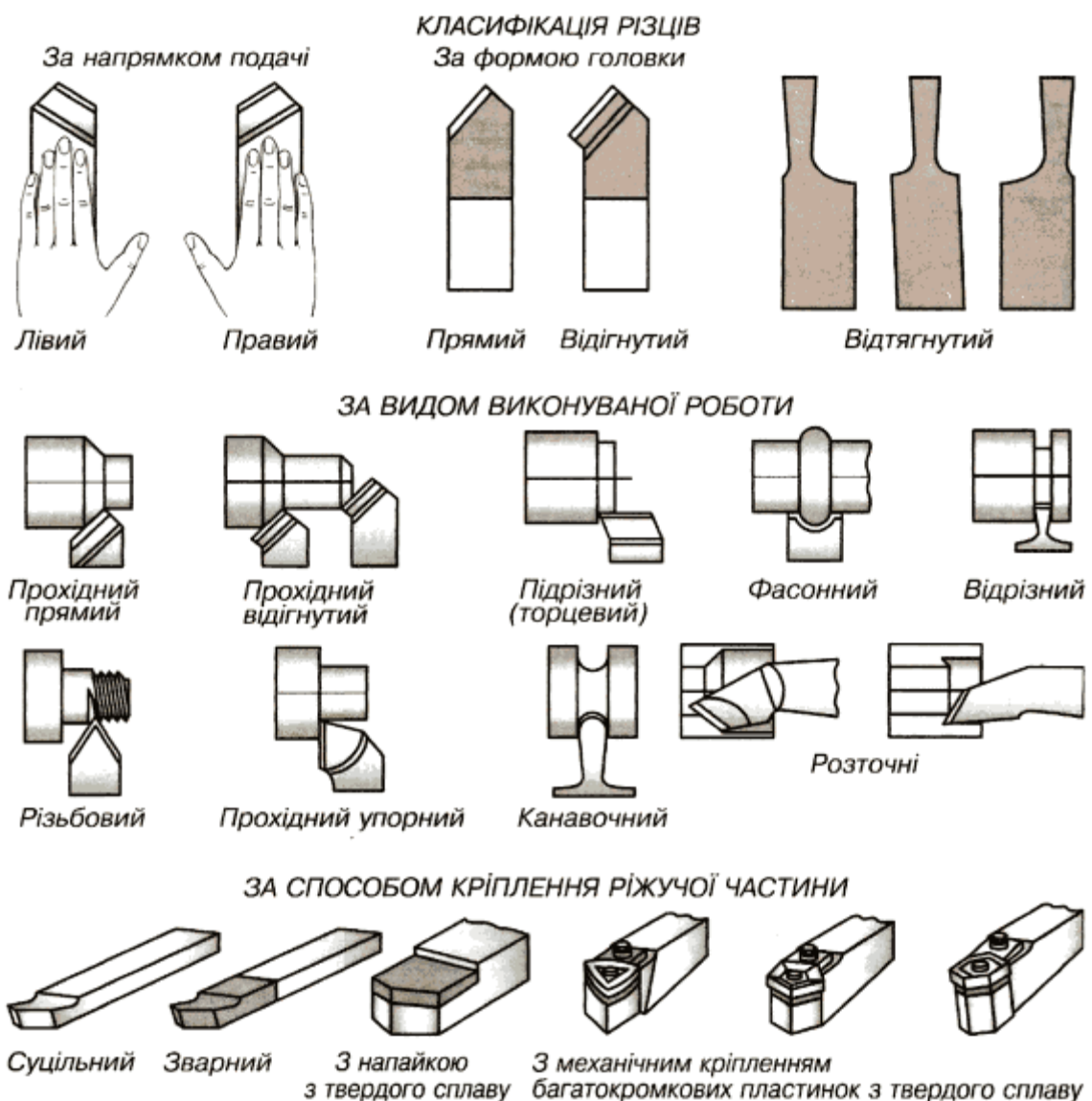


Рисунок 6.8 – Види різців та види токарних робіт

## Порядок виконання роботи

1. Вивчити основні різновиди токарних різців. Усвідомити їх основні конструктивні та геометричні параметри.
2. Визначити та записати в таблицю повне найменування різців.
3. Виміряти перетин державки різця.
4. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів  $\gamma$ ,  $\alpha$  та  $\alpha_1$ . Виміряти ці кути.
5. Налаштувати кутомір на вимірювання кута  $\lambda$ . Виміряти цей кут.
6. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів  $\varphi$  та  $\varphi_1$ . Виміряти ці
8. Дані вимірювань занести в таблицю 6.1
7. За формулами розрахувати значення кутів  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\xi$  і занести їх до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Таблиця вимірювань параметрів різця

Параметр	Величина кута, град.	
Повне найменування різця та розмір В x Н		
$\alpha$		
$\gamma$		
$\alpha_1$		
$\beta$		
$\delta$		
$\varphi$		
$\varphi_1$		
$\xi$		
$\lambda$		

### Вміст звіту

1. Найменування роботи. Мета роботи. Теоретичні положення.
2. Схема кутів заданих різців у статиці.
3. Розрахунки та таблиця вимірювань.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексєєв Г.А. Різання металів і різальний інструмент. М., Машино-будування, 1976.
2. Металлорежущие станки (альбом общих видов, кинематических схем и узлов). Кучер А. М., Киватицкий М. М., Покровский А. А. Изд-во «Машиностроение», 1972, стр. 308
3. Кучер А.М. Немые кинематические схемы металлорежущих станков. Альбом. Л., Машиностроение, 1977

*Методичне видання*

**С. М. Востоцький**

*ст. викладач*

## **МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ**

**Методичні вказівки**

**до виконання лабораторних робіт**

*для студентів ЗДІА*

*напряму підготовки 133 «Галузеве машинобудування»*

*всіх форм навчання*

Підписано до друку 18.05.2017р. Формат 60x84 1/32. Папір офсетний.

Умовн. друк. арк. 3,2. Наклад 1 прим.

Внутрішній договір № 71/17

Запорізька державна інженерна академія  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 2958 від 03.09.2007 р.

Віддруковано друкарнею  
Запорізької державної інженерної академії  
з оригінал-макету авторів

69006, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226  
ЗДІА