

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

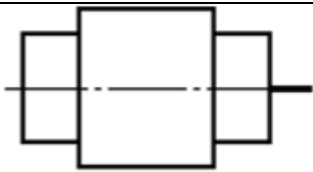
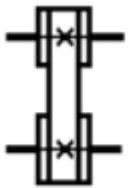





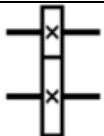

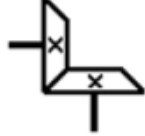
**Мета роботи:** практичне ознайомлення з механізмами, кінематичними схемами і методикою складання рівняння кінематичного балансу металорізальних верстатів, набуття навичок для виконання аналізу кінематичних схеми металорізальних верстатів.

### 1.1 Кінематичні схеми верстата


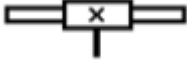
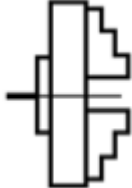


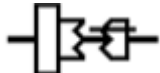
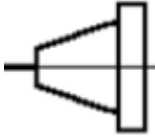





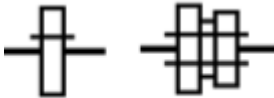
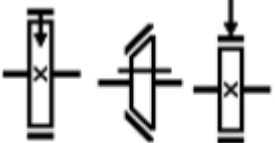
Передача рухів від електродвигуна до робочих органів верстата здійснюється за допомогою ряду механізмів: зубчастих, ремінних, черв'ячних, гвинтових, рейкових і ін. Умовне зображення цих механізмів, з'єднаних в певній послідовності в кінематичні ланцюги, називається кінематичною схемою [1, 2, 3]. Кожен кінематичний ланцюг – це система послідовно з'єднаних елементарних механізмів, забезпечують виконавчі рухи робочих органів верстата (обертання шпинделя, поступальне переміщення стола верстата і т. д.).

На схемах вказують чисельні значення діаметрів шківів, чисел зубів зубчастих коліс, їх модулів зачеплення і т. д.

Таблиця 1 – Основні умовні позначення для кінематичних схем

Елементи схеми	Умовне позначення	Елемент схеми	Умовне позначення
Електродвигун		ремінна передача (Відкрита плоским ременем)	
Радіальний підшипник (без уточнення типу)		гвинтова передача (Роз'ємна гайка)	
З'єднання двох валів глухе		Ланцюгова передача	
З'єднання двох валів еластичне		зубчаста передача циліндрична	
вал		зубчаста передача конічна	

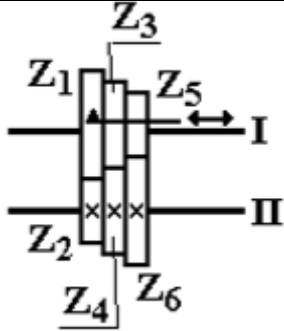
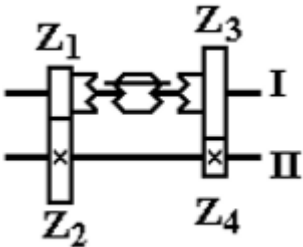
Продовження таб. 1.

Елементи схеми	Умовне позначення	Елемент схеми	Умовне позначення
Кінець шпинделя для центрових робіт		Рейкова передача	
Кінець шпинделя для патронних робіт		Черв'ячна передача	
Кінець шпинделя для свердлильних робіт		Кулачкова муфта зачеплення	
Кінець шпинделя для фрезерних робіт		Фрикційна дискова муфта зачеплення	
Вільне для обертання з'єднання деталі з валом		З'єднання деталі з валом за допомогою витяжної шпонки	
Глухе, не роз'ємне з'єднання деталі з валом		Глухе з'єднання двох деталей на втулці	
Рухоме в осьовому напрямку без обертання з'єднання деталі з валом		Гальмівний механізм	

Таблиця 2 – Схеми ряду типових механізмів для ступеневої зміни частот обертання

Механізм	Графічне зображення	Передаточне відношення	Примітка
Ковзний блок зубчастих коліс		$i = \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4} \frac{Z_5}{Z_6}$	<p>Рух передається від валу I до валу II. Вал II має три значення частоти обертання щодо валу I. Потрійний блок забезпечує три передачі з різними передавальними відносинами <math>i</math></p>
Конус зубчастих коліс з накидною шестернею (конус Нортона)		$i = \frac{Z_c}{Z_1} \frac{Z_2}{Z_c} \frac{Z_3}{Z_3} \frac{Z_c}{Z_4}$	<p>Ведений вал II має чотири значення частоти обертання відносно валу I, тобто стільки, скільки зубчастих коліс має конус. Накидна шестерня вільно сидить на проміжному валу. Зубчасте колесо <math>Z_c</math> переміщається на валу I на шпонці</p>

Продовження таб. 2.

Механізм	Графічне зображення	Передаточне відношення	Примітка
<p>Конус зубчастих коліс з витяжною шпонкою</p>		$i = \frac{\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6}}{1}$	<p>Зубчасті колеса <math>Z_1, Z_3</math> і <math>Z_5</math> на валу I вільні для обертання. Одне з них може бути пов'язане з валом I ковзної шпонкою і брати участь в передачі руху. Решта шестерні обертаються вхолосту</p>
<p>Двоступеневий механізм з двухсторонньою кулачковою муфтою</p>		$i = \frac{\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}}{1}$	<p>Ведений вал II має два значення частоти обертання щодо вала I. Ланкою перемикання є двостороння кулачкова муфта, яка з'єднує з валом I шестерню <math>Z_1</math> або <math>Z_3</math></p>

## 1.2 Рівняння кінематичного балансу

Рівняння, що встановлює функціональну залежність між величинами переміщень початкового та кінцевого ланок кінематичного ланцюга, називається рівнянням кінематичного балансу.

Початкові ланки кінематичного ланцюга в більшості випадків отримують обертальний рух, кінцеві ланки отримують як обертальний, так і прямолінійний рух. Якщо початкові і кінцеві ланки обоє обертаються, то

рівняння кінематичного балансу може бути представлене в наступному вигляді:

$$n_H \cdot i = n_K,$$

де  $n_K$  – частота обертання кінцевої ланки (шпинделя), об/хв;

$n_H$  – частота обертання початкової ланки (вала електродвигуна), об/хв;

$i$  – передаточне відношення кінематичного ланцюга.

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n,$$

де  $i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots i_n$  – передаточне відношення окремих кінематичних пар ланцюга.

Якщо початковій ланці надається обертальний рух, а кінцевій прямолінійний (рух подачі), то при хвилинній подачі  $S_M$  рівняння кінематичного балансу має вигляд

$$n_H \cdot i \cdot H = S_M,$$

де  $H$  – хід кінематичної пари, яка перетворює обертальний рух в прямолінійний.

Для гвинтової пари

$$H = k \cdot t_B,$$

де  $t_B$  – крок ходового гвинта, мм;

$k$  – кількість його заходів.

Для рейкової пари

$$H = \pi \cdot m \cdot z,$$

де  $m$  – модуль зачеплення, мм;

$z$  - число зубів рейкового колеса.

Коли подача кінцевої ланки  $S_0$  задається в міліметрах на один оберт початкової ланки, рівняння кінематичного балансу має вигляд

$$1_{об} \cdot i \cdot H = S_0.$$

### 1.3 Приклад аналізу кінематичної схеми горизонтально – фрезерного верстата моделі 6М80Г

Кінематична схема верстата наведена на рисунку 1.1.

#### Ланцюг головного руху (обертання шпинделя).

Рівняння кінематичного балансу ланцюга в загальному вигляді:

$$n_{шп} = m_{\exists} \cdot i,$$

де  $n_{шп}$  – частота обертання шпинделя, об/хв;

$n_{\exists}$  – частота обертання валу електродвигуна, об/хв.

Рівняння кінематичного балансу ланцюга в розгорнутому вигляді :

$$n_{шп} = 1420 \cdot \begin{array}{|c|} \hline \frac{38}{52} \\ \hline \frac{45}{45} \\ \hline \frac{30}{60} \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline \frac{29}{61} \\ \hline \frac{52}{38} \\ \hline \end{array} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 \cdot \begin{array}{|c|} \hline \frac{31}{83} \cdot \frac{24}{71} \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

Кількість швидкостей обертання шпинделя

$$Z = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 12.$$

Максимальні та мінімальні числа обертання шпинделя:

$$n_{\max} = 1420 \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{52}{38} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 = 2260 \text{ об/мин};$$

$$n_{\min} = 1420 \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{29}{61} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{31}{83} \cdot \frac{24}{71} = 50 \text{ об/мин}.$$

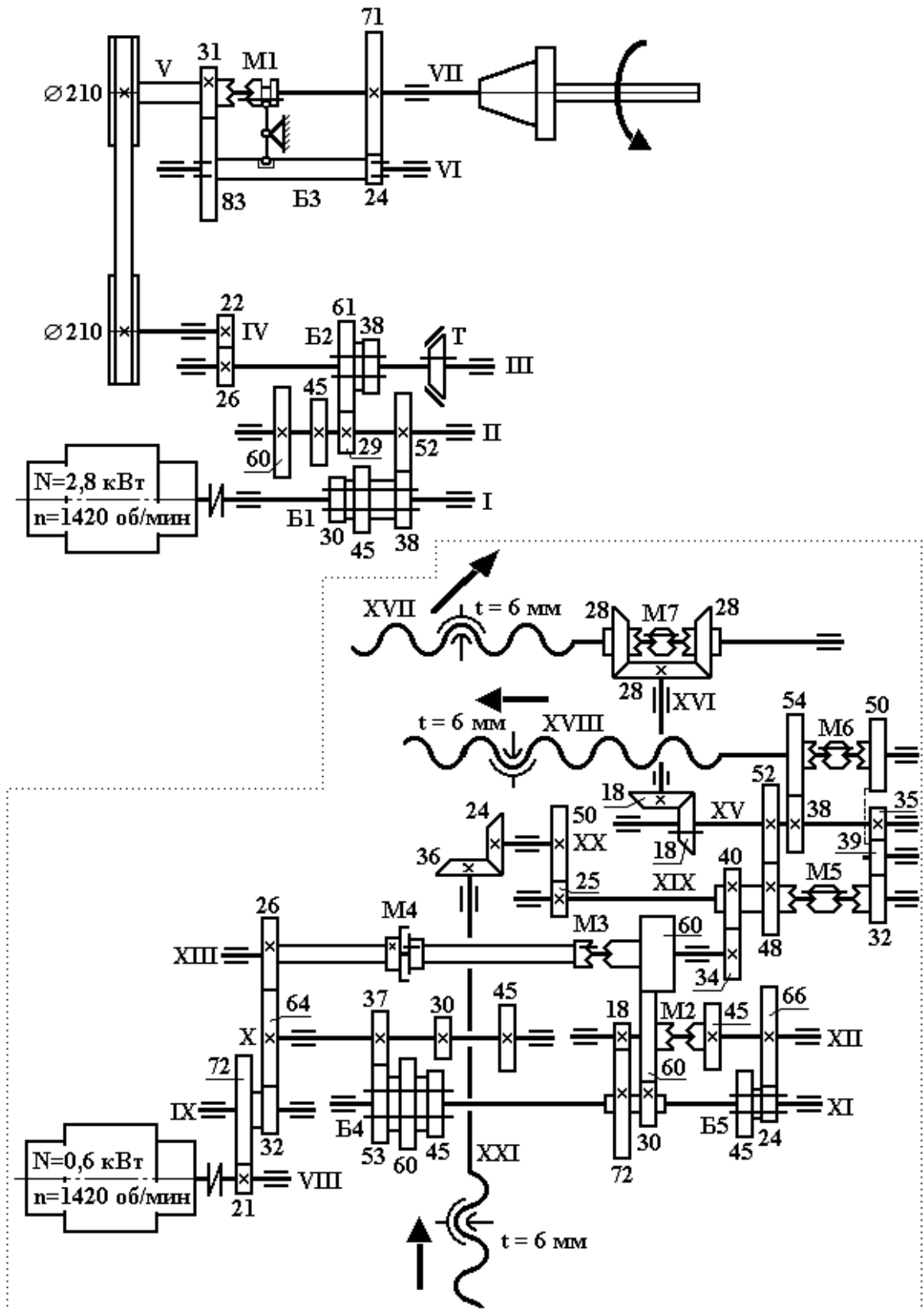


Рисунок 1.1 – Кінематична схема горизонтально- фрезерного верстата моделі 6М80Г ( в пунктирний контур укладений ланцюг руху подач )

### Ланцюг руху подач.

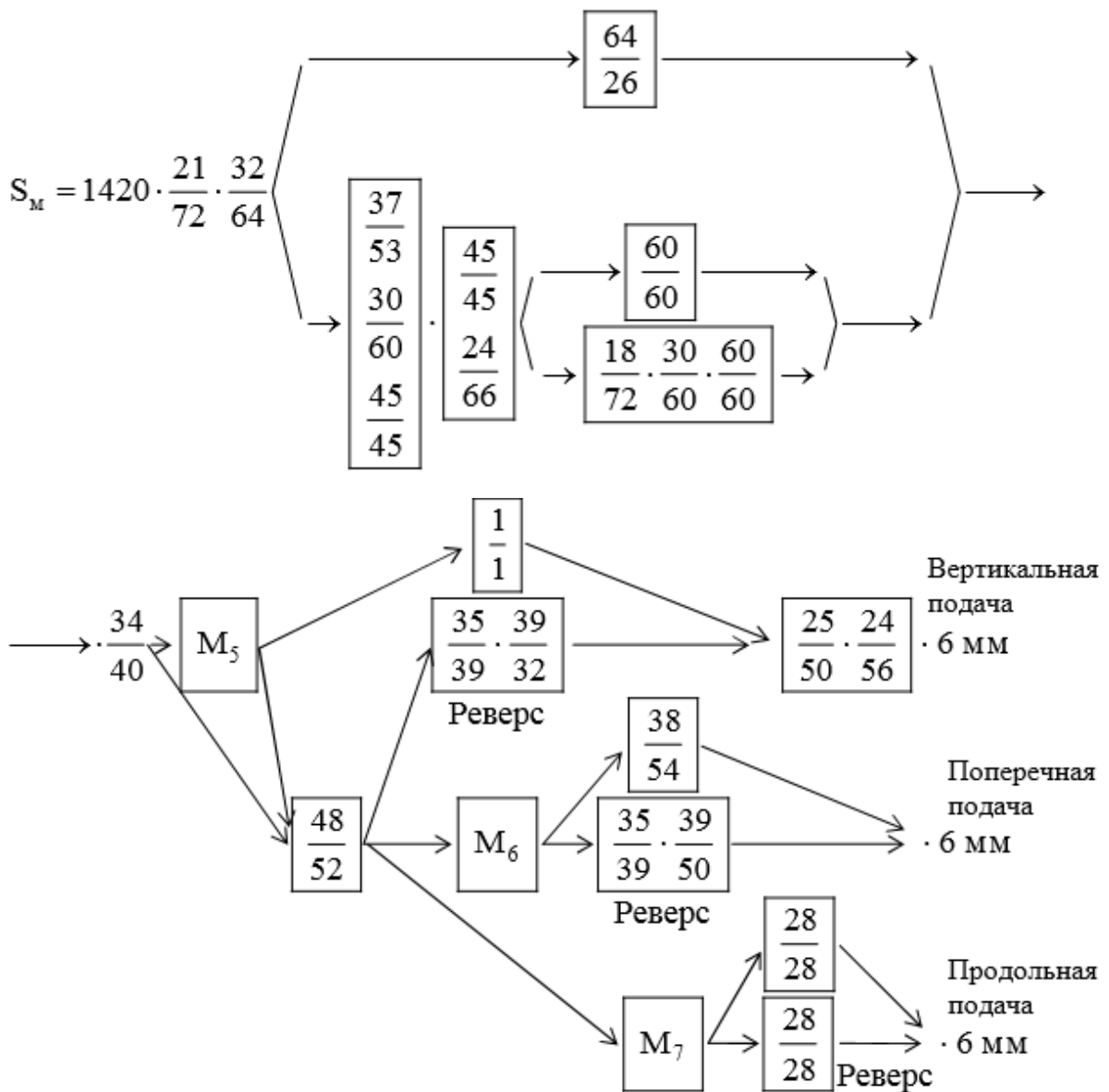
Рівняння кінематичного балансу ланцюга в загальному вигляді:

$$S_M = n_3 \cdot i \cdot t,$$

де  $S_m$  – хвилинна подача столу верстата, мм/хв;

$n_e$  – частота обертання валу електродвигуна приводу подач, об/хв.

Рівняння кінематичного балансу ланцюга в розгорнутому вигляді :



Кількість можливих подач

$$Z = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 12.$$



Максимальне і мінімальне значення подач:  
(швидке переміщення)

$$S_{\max} = 1420 \cdot \frac{21}{72} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{64}{26} \cdot \frac{34}{40} \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{18}{18} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6 = 2400 \text{ мм/хв.};$$

(вертикальна подача)

$$S_{\min} = 1420 \cdot \frac{21}{72} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{24}{66} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{34}{40} \cdot \frac{25}{50} \cdot \frac{24}{36} \cdot 6 = 9,41 \text{ мм/хв.}$$

#### 1.4 Порядок виконання роботи

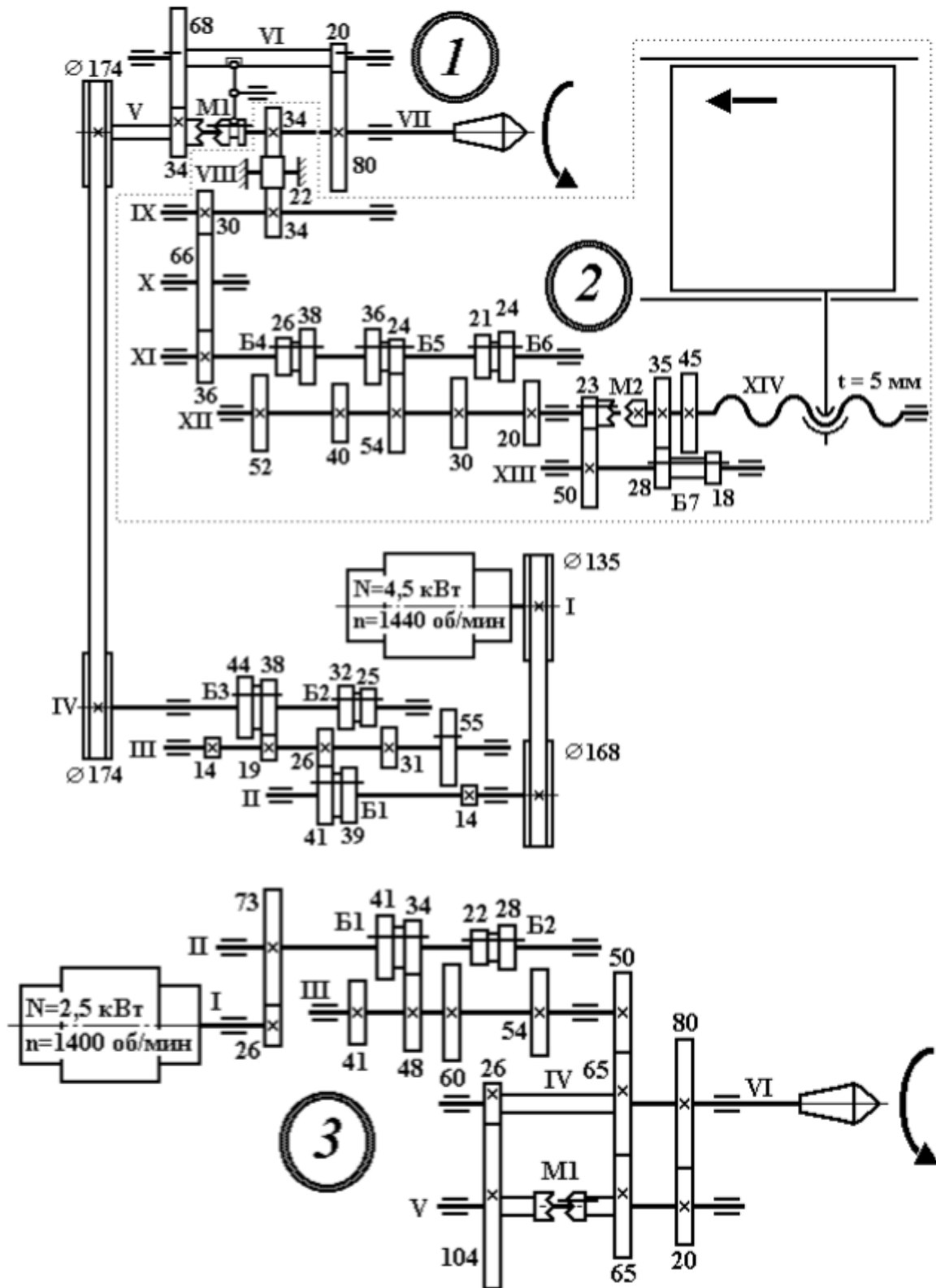
1. Вивчити графічні умовні позначення на кінематичних схемах по таблиці 1.
2. Вивчити способи з'єднання деталі з валом по таблиці 1.
3. Ознайомитись із гвинтовим і рейковим механізмами, що використовуються для перетворення обертального руху в прямолінійно-поступальний рух.
4. Вивчити типові механізми для ступеневої зміни частоти обертання валів по таблиці 2.
5. Закріпити поняття про зрівняння кінематичного балансу.
6. Провести аналіз кінематичної схеми верстата за вказівкою викладача, що включає написання рівнянь кінематичного балансу в загальному і розгорнутому видах для ланцюга головного руху і ланцюга подач. Визначити кількість швидкостей обертання шпинделя і кількість подач, максимальні і мінімальні їх значення.

#### Контрольні питання

1. Що називається кінематичною схемою верстата?
2. Які передачі найбільш часто використовуються в металорізальних верстатах?
3. Що називається передаточним відношенням?
4. Чому дорівнює передаточне відношення кінематичного ланцюга?
5. Які механізми використовуються для регулювання частоти обертання?
6. Які механізми застосовуються для зміни напрямку обертання валів?

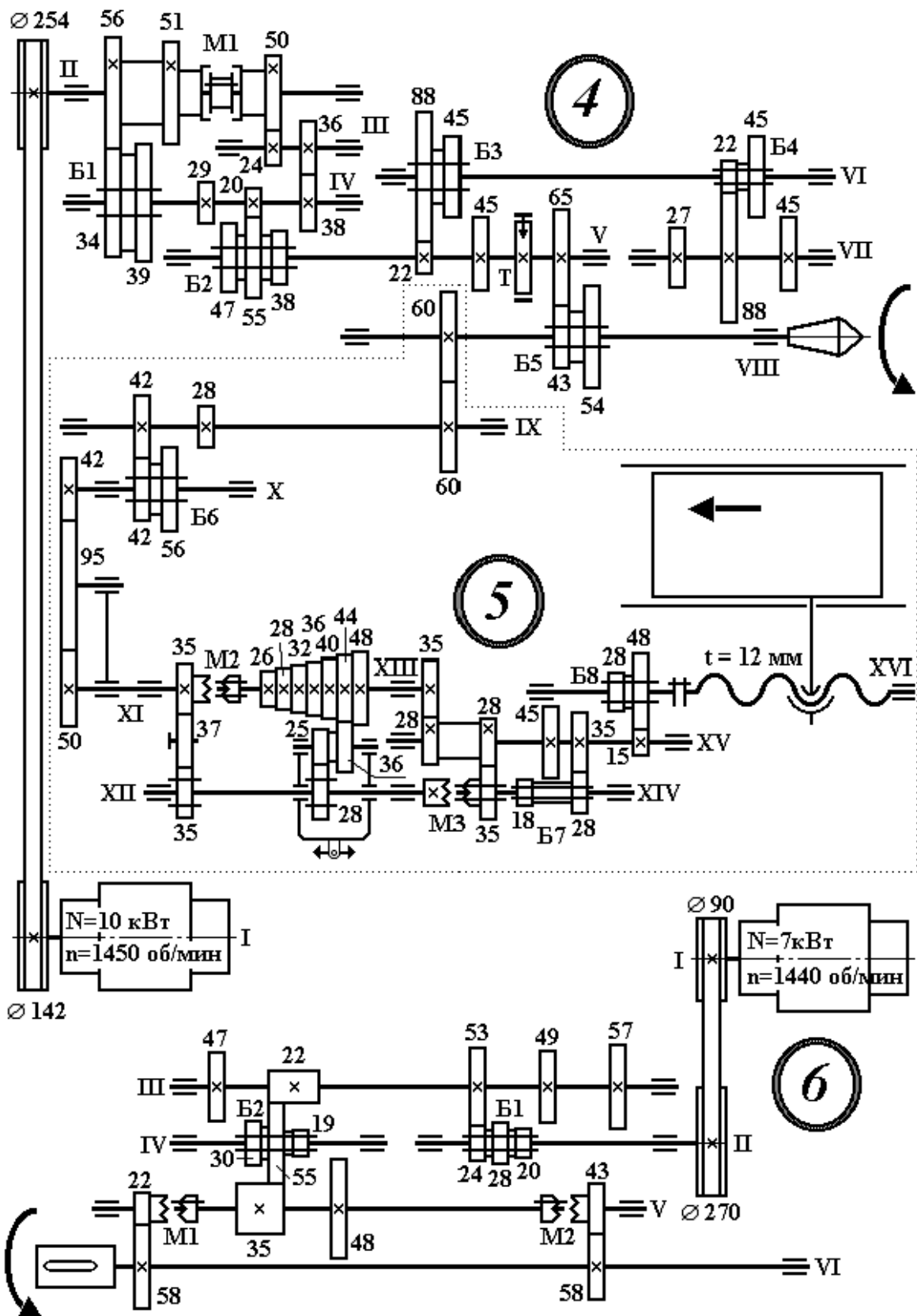
7. Як складається рівняння кінематичного балансу ланцюга?
8. Які параметри характеризують кінематичну схему металорізального верстата?
9. Для чого служить механізм перебору?
10. Характеристика і область застосування трьох форм запису рівняння кінематичного балансу.
11. Які механізми в приводах верстатів використовуються для перетворення обертального руху в зворотно-поступальний?

## ДОДАТКИ



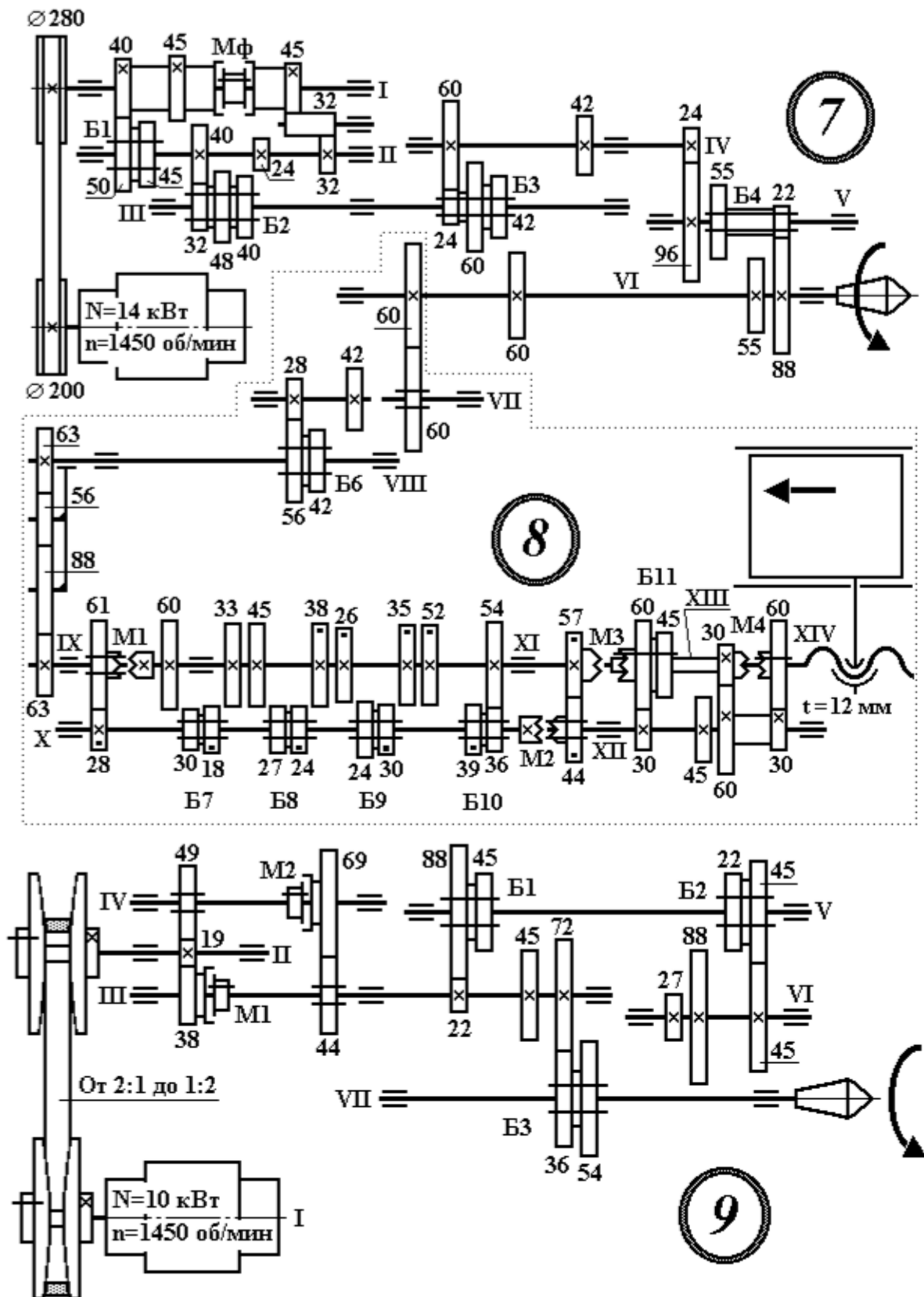
1, 2 – ланцюги головного руху і подачі токарно-гвинторізного верстата 1A616;

3 – ланцюг головного руху токарно-затилочного верстата моделі K96.



4, 5 – ланцюги головного руху і подачі токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62;

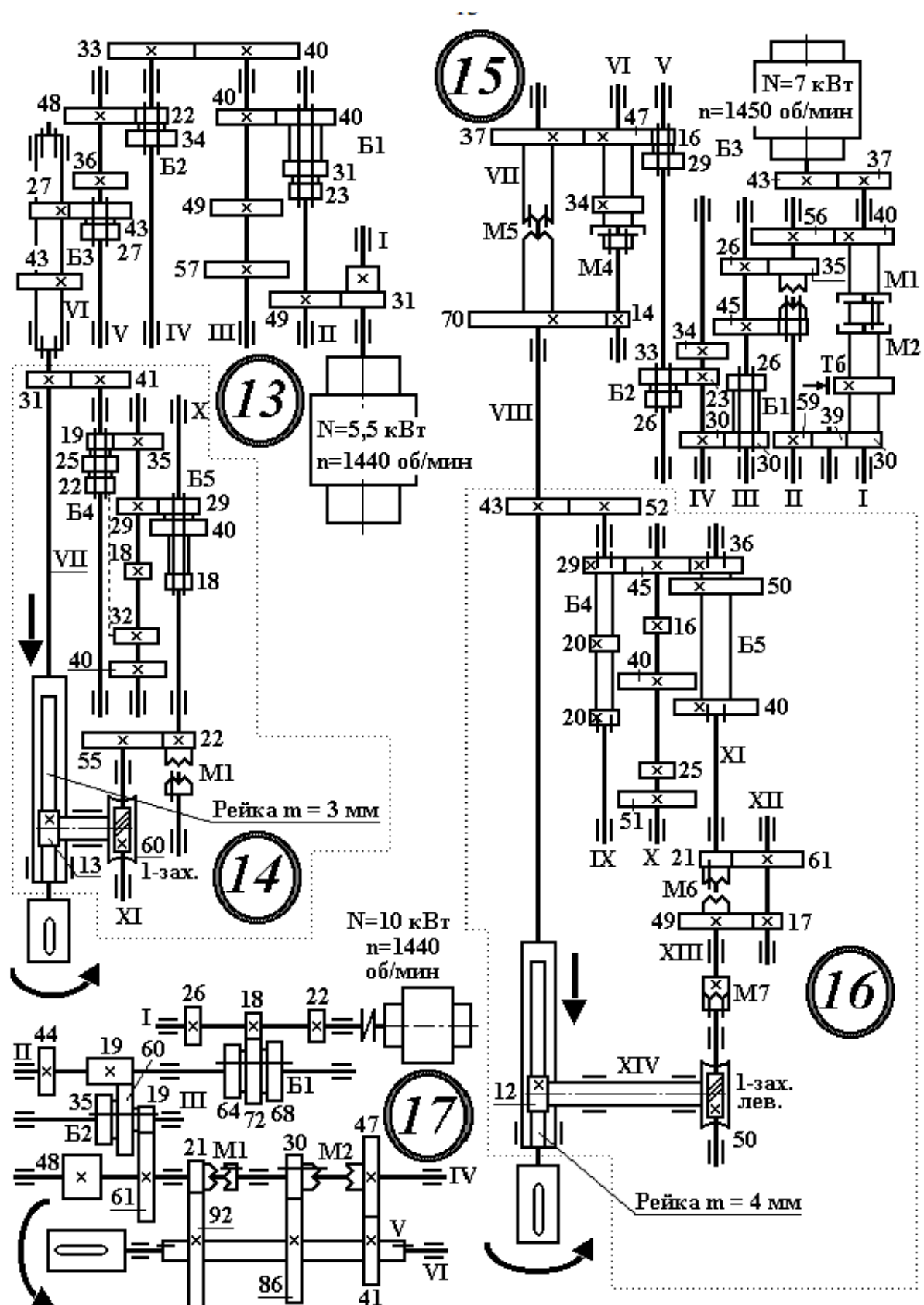
6 – ланцюг головного руху горизонтально-розточувального верстата моделі 262Г.



7, 8 – ланцюги головного руху і подачі токарно-гвинторізного верстата моделі 163;

9 – ланцюг головного руху токарно-гвинторізного верстата моделі 1K620Г

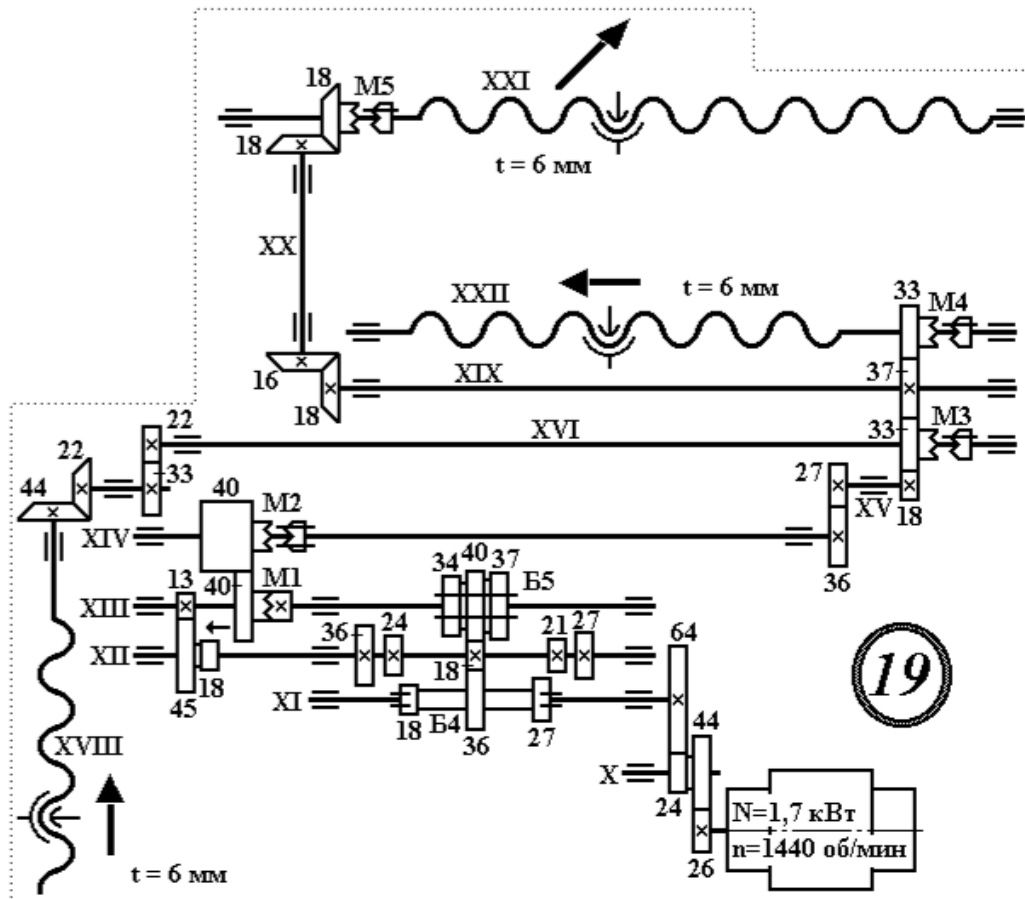
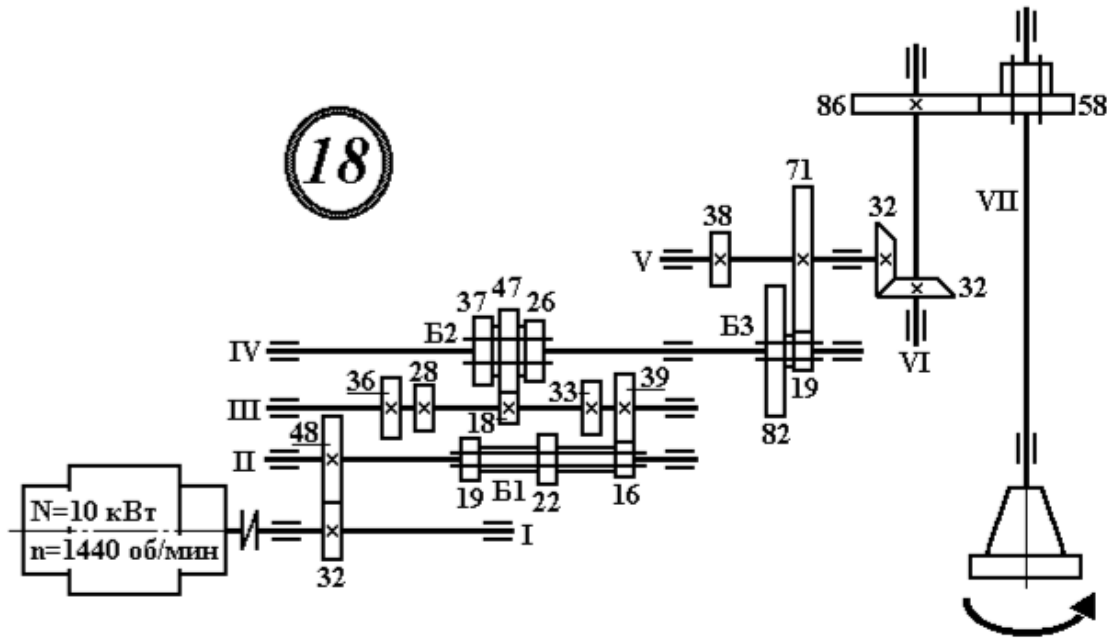




13, 14 – ланцюги головного руху і подачі радіально-свердлильного верстата моделі 2В56;

15, 16 – ланцюги головного руху і подачі радіально-свердлильного верстата моделі 257;

17 – ланцюг головного руху горизонтально-розточувального верстата моделі 2620А.



18, 19 – ланцюги головного руху і подачі вертикально-фрезерного верстата моделі 6Н12ПБ