

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«Металорізальні верстати та системи»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 015 «Професійна освіта. Машинобудування»)

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри

машинобудування та

прикладної механіки

Протокол № 8 від 14.04.2021 р.

Сєверодонецьк 2021

УДК 621.9.06(075.8)

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Металорізальні верстати та системи» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта. Машинобудування» (Електронне видання)) / Уклад.: В. М. Алтухов. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 70 с.

Наведені матеріали для практичних занять з дисципліни «Металорізальні верстати та системи». Методичні вказівки містять теми практичних занять, матеріали по вирішенню поставлених задач, приклади. Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 015 «Професійна освіта. Машинобудування».

Укладач:

Алтухов В. М., к.т.н., доц.

Рецензент:

Боровік П. В., к.т.н., доц.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1.....	5
2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2.....	16
3 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3.....	34
4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4.....	47
5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5.....	55
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68
ДОДАТОК А.....	69

ВСТУП

Мета та завдання практичних занять.

Підґрунтям до виконання практичних занять є знання, набуті студентами при вивченні інженерних та спеціальних навчальних дисциплін, що разом з дисциплінами загально-освітнього циклу є визначальними у підготовці майбутніх бакалаврів, а саме: «Математика»; «Фізика»; «Теорія різання та різальний інструмент»; «Деталі машин»; «Технології машинобудування» тощо.

Практичні заняття мають на меті:

– розширення, закріплення і систематизацію теоретичних знань, і набуття навичок практичного застосування цих знань при вирішенні конкретної наукової, конструкторської, технологічної або виробничої задачі;

– виявити вміння студента застосовувати сучасні методи розрахунку і комп'ютерну техніку;

– навчити студента вирішувати конкретні інженерні задачі;

– набуття досвіду обробки, аналізу та систематизації результатів теоретичних та інженерних розрахунків, в оцінці їх практичної значущості та можливої області застосування при розробці обладнання.

1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: КОРОБКА ШВИДКОСТЕЙ З ПРОСТОЮ СТРУКТУРОЮ.

Принцип побудови механізму коробки швидкостей.

Під коробкою швидкостей розуміють будь-яку сукупність передач, за допомогою якої можна отримати при даній постійній частоті обертання ведучого валу ряд частот обертання веденого валу.

Коробки швидкостей бувають прості та складені, тобто складені з елементарних коробок. Кожна елементарна коробка може мати дві, три та чотири швидкості. За засобом переключання елементарні коробки швидкостей можуть бути: з ковзними блоками (рис. 1.1); з кулачковими та зубчастими муфтами (рис. 1.2); з фрикційними (електромагнітними та іншими) муфтами; з обгінною муфтою [1, 2].

Найбільш часто використовують передачі з подвійними та потрійними блоками ковзання (рис. 1.1а, 1.1б), де осьові габаритні розміри виражені через ширину шестерень.

У коробках з чотирьох шестерень сильно збільшуються осьові габаритні розміри (рис. 1.1в), тому вигідніше використовувати дві передачі з двох блоків (рис. 1.1г), при використанні блокування, яке забезпечує неможливість одночасного включення двох передач. Переваги ковзних блоків – передача великих навантажень, малий знос шестерень; недоліки – неможливість переключення на ходу, імовірність одночасного ввімкнення, що потребує блокування, обмежена кількість передач через осьові габарити.

При використанні у коробках кулачкових, зубчастих та фрикційних муфт, вони мають схему, як правило, з двосторонньою муфтою (рис. 1.2а). Можливо використання односторонньої муфти, яку виконано, як одне ціле з шестернею ковзання (рис. 1.2б).

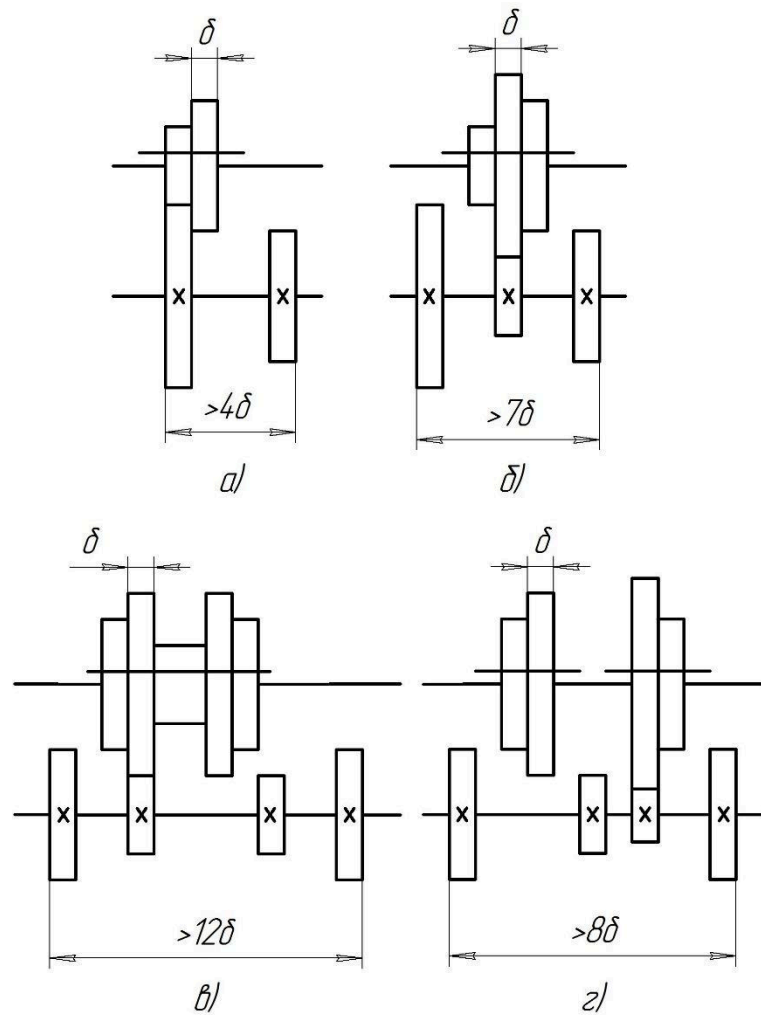


Рисунок 1.1 – Схеми передач з блоками ковзання

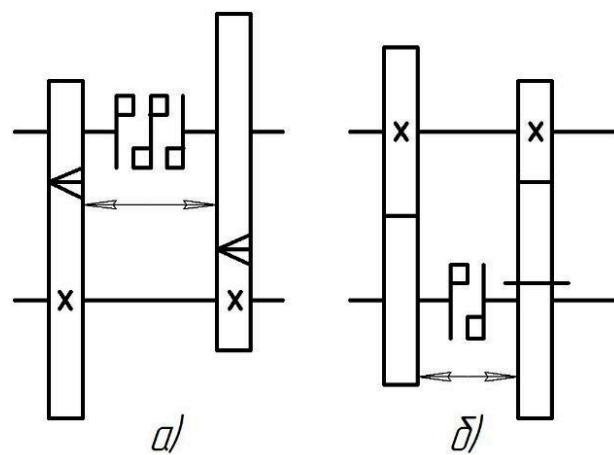


Рисунок 1.2 – Схеми передач з кулачковими муфтами

Переваги використання зубчастих муфт – малі осьові переміщення та зусилля на них, можливість застосування косозубих та шевронних коліс; недоліки – можливість зламу кулачків при перемиканні на ходу, зниження коефіцієнта корисної дії при холостому оберті коліс.

Крім цього, коробки швидкостей з фрикційними та електромагнітними муфтами забезпечують можливість переключення дистанційно та по ходу, але при їх використанні обмежуються значення крутних моментів, що передаються, збільшуються габаритні розміри, з'являються пробуксовки, додаткові збитки на тертя у вимкнених муфтах та виділення теплоти [2, 3].

При виконанні роботи студенти повинні вміти аналізувати різні конструктивні виконання коробок швидкостей.

При кінематичному аналізі коробки швидкостей необхідно засвоїти наступні положення.

1. Групою передач зветься сукупність кінематичних ланок (зубчастих коліс), які здійснюють ряд передаточних відношень між двома сусідніми валами. Групу характеризує кількість передач та характеристика.

2. Множення всіх кількостей передач всіх груп механізму, записане у тому порядку, в якому здійснюється передача руху, дорівнює кількості ступенів на вихідному валу та зветься формулою структури механізму.

Наприклад: $Z = 3 \cdot 3 \cdot 2$ – формула структури механізму з трьох груп ($Z = 18$).

3. Характеристикою групи зветься кількість передач, передчасних переключенню даної групи при послідовному одержанні всіх ступенів частот обертання на вхідному валу.

Коли визначають характеристику групи, треба ураховувати, що у коробці швидкостей, яка забезпечує на вихідному валу геометричний ряд із знаменником ϕ , відношення сусідніх передаточних відношень у групі (більшого до меншого) дорівнює ϕ^X , де X – характеристика даної групи.

4. Основною називається така група, у якій згадане відношення сусідніх передаточних відношень дорівнює ϕ ($X = 1$).

Переключення основної групи забезпечує одержання сусідніх ступенів на вихідному валу.

Розмножувальними (переборними) зуться такі групи, переключення передач яких забезпечує "перескок" через X ступенів на вихідному валу, де X – характеристика даної розмножувальної групи.

5. Відношення φ^X сусідніх передаточних відношень у групі виявляється рівнянням настройки приводу.

Воно записується для кожної групи.

В загальному виді рівняння настройки для групи має вид :

$$i_1 : i_2 : i_3 : \dots : i_p = 1 : \varphi^X : \varphi^{2X} : \dots : \varphi^{(p-1)X},$$

де p – кількість передач в даній групі;

X – її характеристика.

6. Якщо формулу структури механізму доповнити відомостями про характеристики груп передач, які записуються справа коло кількості передач даної групи у скобках або (частіше) справа нижче числа передач, наприклад:

$$Z = 3[1] \cdot 3[3] \cdot 2[9] = 3_1 \cdot 3_3 \cdot 2_9,$$

то це буде розгорнута формула структури.

Вона вміщує відомості про кількість ступенів, груп передач, передачі у кожній групі, конструктивність порядку розміщення груп передач в механізмі та кінематичному порядку (тобто послідовності) переключення груп для здобуття послідовності ряду частот обертання на вихідному валу.

Треба враховувати, що конструктивний і кінематичний порядки у механізмі не завжди співпадають.

Наприклад, для коробки з тією ж кількістю ступенів частот обертання може бути:

$$Z = 3_3 \cdot 3_1 \cdot 2_9.$$

Розгорнуту формулу структури можна відобразити у вигляді структурної сітки.

7. Дійсна кількість ступенів механізму може не співпадати з теоретичною (за формулою структури), якщо в одній з груп передач (частіше всього в останній розмножувальній при її характеристиці, рівній кількості попередніх перемикачів) відношення передаточних відношень (максимального до мінімального) перевищує

8. В цьому випадку характеристику згаданої групи штучно занижують, що викликає накладення частот обертання на ряд ступенів (одержання одного й того ж ступеню двома кінематичними ланцюгами) та випадання такої ж кількості ступенів на вихідному валу. Кількість нездобутих ступенів частот обертання (що випало) дорівнює різниці між теоретичними та дійсними значеннями характеристики.

8. При розробці коробки швидкостей не всі можливі варіанти структурних сіток дозволяють отримати компактні конструктивні рішення. Це залежить від найбільшого значення показника ряду, допустимого тією чи іншою сіткою. Тому після побудови структурних сіток здійснюється їх аналіз з метою визначення найбільшого допустимого для кожної сітки значення показника φ_{\max} . Для коробок швидкостей рекомендуються наступні значення передаточних відношень для будь-яких груп передач:

$$i_{\min} = \frac{1}{4}; \quad i_{\max} = \frac{2}{1}; \quad \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = 8.$$

При виконанні цих умов одержуємо:

$$\varphi_{\max} = X_{\max} \sqrt[8]{8} \quad \text{або} \quad \varphi_{\max}^{X_{\max}} = 8,$$

де X_{\max} – кількість інтервалів на структурній сітці між двома крайніми променями останньої розмножувальної групи.

Проста структура приводу.

Порядок розрахунку коробки швидкостей з простою структурою.

1. Вирахувати за формулою показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}}, \quad (1.1)$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення з ряду: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}} \quad (1.2)$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}} \quad (1.3)$$

де n_{\min} , n_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання, об/хв;

V_{\min} , V_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна швидкість, м/хв;

D_{\min} , D_{\max} – відповідно мінімальний та максимальний діаметр, мм.

3. Скоректувати n_{\min} по нормальному ряду [1] чисел для вирахованого знаменника геометричної прогресії $\varphi - n_{\min \text{ скор}}$ (найближче менше).

4. Обчислити діапазон регулювання за формулою:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min \text{ скор}}}, \quad (1.4)$$

де R_n – діапазон регулювання;

n_{\max} – максимальна частота обертання, об/хв.;

$n_{\min \text{ скор}}$ – мінімальна скоректована частота обертання, об/хв.

5. Обчислити кількість передач коробки швидкостей за формулою:

$$Z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \varphi}, \quad (1.5)$$

де Z – кількість передач у коробці швидкостей;

R_n – діапазон регулювання;

φ – знаменник геометричної прогресії.

Обчислену кількість округлити до числа, кратного 2 або 3.

6. З ряду нормальних чисел для обчисленого значення φ [1] вибрати Z частот обертання вихідного валу коробки швидкостей, починаючи з $n_{\min \text{ скор}}$ по збільшенню.

Скоректувати n_{\max} за останньою вибраною частотою нормального ряду чисел.

7. Вибрати структуру приводу за формулою:

$$Z = 2^n \cdot 3^m = 2,3,4,6,8,9,12,16,18,24,27,32,36\dots$$

8. Обчислити характеристики груп передач, як множення кількості передач та характеристики групи попередньої групи. Основна група має характеристику, рівну одиниці.

9. Виконати перевірку на наявність простої структури за формулою:

$$\varphi^{x(p-1)} \leq R_n; \quad (1.6)$$

для прямозубих коліс:

$$\varphi^{x(p-1)} \leq 8;$$

для косозубих коліс:

$$\varphi^{x(p-1)} \leq 10,$$

де φ – знаменник геометричної прогресії;

x – характеристика останньої групи;

p – кількість передач останньої групи.

10. Побудувати структурну сітку, маючи на увазі те, що вона повинна бути симетричною.

11. Побудувати графік частот обертання, враховуючи те, що вхідна розрахункова частота розраховується за формулою:

$$n_{вх} = \frac{n_{\min \text{ .скор}} + n_{\max \text{ .скор}}}{2} \quad (1.7)$$

Винайдену частоту коректують за синхронною частотою асинхронного електродвигуна по наведеному ряду:

$$500, 750, 1000, 1500, 3000 \text{ об/хв.}$$

При побудові графіку частот обертання треба користуватися таблицями, які наведені у додатку А.

12. Побудувати кінематичну схему приводу.

Приклад розрахунку коробки швидкостей з простою структурою.

Початкові дані.

$$a = 30 \% ; V_{max} = 100 \text{ м/хв}; V_{min} = 25 \text{ м/хв};$$

$$D_{max} = 70 \text{ мм}; D_{min} = 7 \text{ мм.}$$

Розрахунок.

1. Вирахувати за формулою (1.1) показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}} = \frac{1}{1 - \frac{30}{100}} = 1,42.$$

де a – значення витрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення з ряду:

$$1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.$$

Приймаємо: $\varphi = 1,41$.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами (1.2) та (1.3):

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 70} = 113,74 \text{ об/хв};$$

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 7} = 4549,59 \text{ об/хв}.$$

3. Скоректувати n_{min} за нормальним рядом чисел для вирахованого знаменника геометричної прогресії $\varphi - n_{min.кор}$ (найближче менше). Таблиця нормальних чисел для значень $\varphi = 1,41$ наведена у [1].

$$n_{\min.скор} = 100 \text{ об/хв}.$$

4. Обчислити діапазон регулювання за формулою (1.4):

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min.скор}} = \frac{4549,59}{100} = 45,49.$$

5. Обчислити кількість передач коробки за формулою (1.5):

$$Z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 45,49}{\lg 1,41} = 12,127 \approx 12.$$

Обчислену кількість округлити до числа кратного 2 або 3.

6. З ряду нормальних чисел для $\varphi = 1,41$ вибрати $Z = 12$ частот обертання вихідного валу коробки швидкостей, починаючи з $n_{\min. скор} = 100$ об/хв по збільшенню. Скоректувати n_{\max} за останньою вибраною частотою нормального ряду чисел.

$$n_1 = 100 \text{ об/хв}; n_2 = 140 \text{ об/хв}; n_3 = 200 \text{ об/хв};$$

$$n_4 = 280 \text{ об/хв}; n_5 = 400 \text{ об/хв}; n_6 = 560 \text{ об/хв};$$

$$n_7 = 800 \text{ об/хв}; n_8 = 1000 \text{ об/хв}; n_9 = 1600 \text{ об/хв};$$

$$n_{10} = 2240 \text{ об/хв}; n_{11} = 3150 \text{ об/хв}; n_{12} = 4500 \text{ об/хв}.$$

7. Вибрати структуру приводу за формулою:

$$Z = 3^m \cdot 2^n = 12 = 3^1 \cdot 3^2 = 3 \cdot 2 \cdot 2.$$

8. Обчислити характеристики груп передач як множення кількості передач та характеристики групи попередньої групи. Основна група має характеристику, рівну одиниці.

$$Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6.$$

9. Виконати перевірку на наявність простої структури за формулою (1.6):

$$\varphi^{x(p-1)} = 1,41^{6(2-1)} = 7,8 \leq 8.$$

10. Побудувати структурну сітку за формулою $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$ (рис. 1.3), маючи на увазі те, що вона повинна бути симетричною.

11. Побудувати графік частот обертання (рис. 1.4) враховуючи те, що вхідна розрахункова частота розраховується за формулою (1.7):

$$n_{ex} = \frac{n_{\min.скор} + n_{\max.скор}}{2} = \frac{100 + 4500}{2} = 2300 \text{ об/хв.}$$

Винайдену частоту коректують за синхронною частотою асинхронного електродвигуна по наведеному ряду: 500, 750, 1000, 1500, 3000 об/хв.

При побудові графіку частот обертання треба користуватися таблицями, наведеними у додатку А.

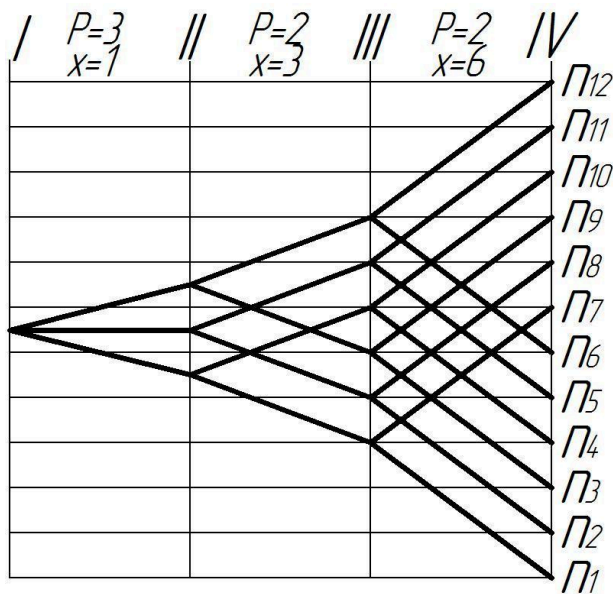


Рисунок 1.3 – Структурна сітка за формулою $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$

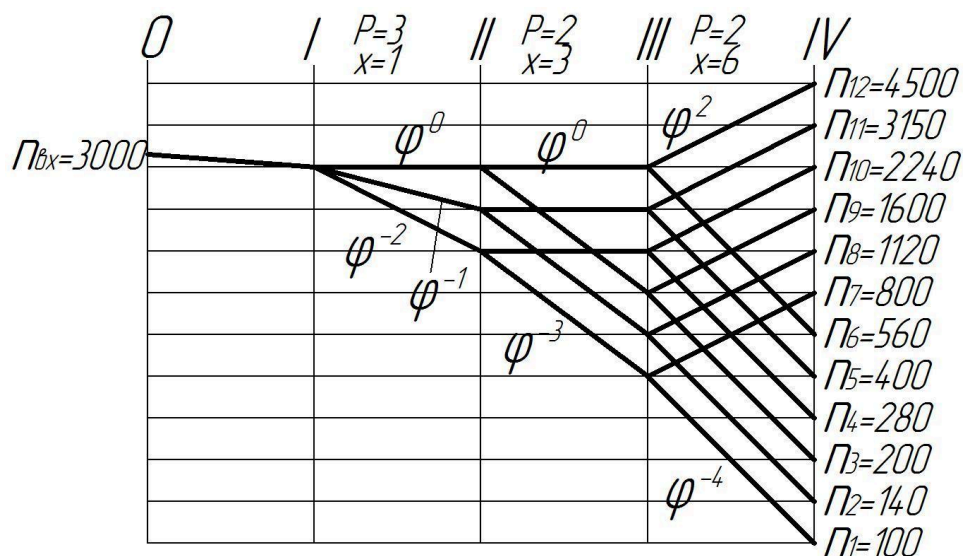


Рисунок 1.4 – Графік частот обертання за формулою $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$

Приймаємо $n_{вх} = 3000$ об/хв.

При будіванні треба враховувати граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А):

для $\varphi = 1,41$: понижувальних – 4; підвищувальних – 2.

12. Побудувати кінематичну схему приводу для формули $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$ (рис. 1.5).

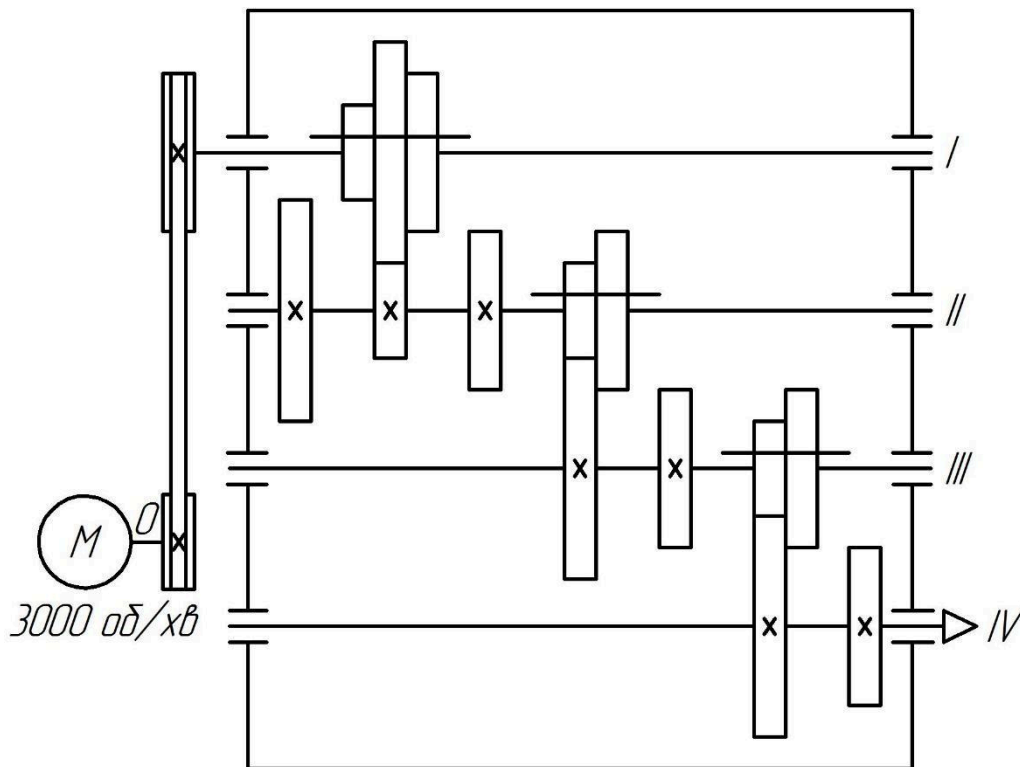


Рисунок 1.5 – Кінематична схема коробки швидкостей

за формулою $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$

Контрольні питання.

1. Які бувають елементарні коробки швидкостей за засобом переключання?
2. Які недоліки і переваги використання різних муфт у коробках швидкостей?
3. Який порядок розрахунку коробки швидкостей з простою структурою?
4. Що називається характеристикою групи передач?
5. Які групи зветься розмножувальними (переборними)?
6. Який порядок побудови графіку частот обертання?
7. Яка група передач називається основною?
8. Як обчислити діапазон регулювання частот обертання?

2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ З БАГАТОШВИДКІСНИМИ ЕЛЕКТРОДВИГУНАМИ. КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ ЗІ СКЛАДЕНОЮ СТРУКТУРОЮ.

Особливості розрахунку коробки швидкості з багатошвидкісним електродвигуном

У верстатах використовують дво-, три- та чотиришвидкісні електродвигуни, причому в одних електродвигунів числа обертів змінюються при перемиканні полюсів у два рази:

$n_{\text{синхр}} = 750/1500$ або $1500/3000$ об/хв – для двошвидкісних

і $750/1500/3000$ об/хв – для тришвидкісних,

у інших – в іншому відношенні:

$n_{\text{синхр}} = 750/1000/1500$ об/хв – у тришвидкісних

і $500/1000/1500/3000$ або $500/750/1000/1500$ об/хв – у чотиришвидкісних.

Для одержання на верстатах геометричного ряду чисел обертів можна використовувати багатошвидкісні двигуни тільки з подвійним числом обертів і значеннями:

$$\varphi = 1,06; 1,12; 1,26; 1,41.$$

Як правило, у приводах металорізальних верстатів використовують дво- або тришвидкісні електродвигуни [4, 5].

Оскільки основні значення знаменника ряду (φ), що застосовують на практиці, менші ніж 2, то електродвигун, який розглядається в якості групи передач або "електрогрупи", повинен бути множним.

Тоді

$$\varphi_e = \varphi^p = 2,$$

де p – характеристика "електрогрупи".

Характеристика "електрогрупи" вираховується за вище наведеною формулою та буде мати значення:

при $\varphi = 1,41$; $p = 2$, "електрогрупа" – перша, переборна,

тобто $Z = 2_2$ або $Z = 3_2$;

при $\varphi = 1,26$; $p = 3$, "електрогрупа" – перша, переборна,

тобто $Z = 2_3$ або $Z = 3_3$;

при $\varphi = 1,12$; $p = 6$, "електрогрупа" – друга, переборна,

тобто $Z = 2_6$ або $Z = 3_6$;

при $\varphi = 1,06$; $p = 12$, "електрогрупа" – друга і наступні переборні,

тобто $Z = 2_{12}$ або $Z = 3_{12}$.

Наприклад, при використанні двошвидкісного електродвигуна, $Z = 24$ та структурною формулою $Z = 24 = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2$ для $\varphi = 1,12$ можливі наступні варіанти :

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12};$$

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_{12} \cdot 2_3;$$

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_2 \cdot 2_1 \cdot 2_{12};$$

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_2 \cdot 2_{12} \cdot 2_1.$$

Перший варіант є оптимальним, так як останній вал найбільш швидкісний і характеристики груп збільшуються.

У структурній формулі:

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}.$$

"електрогрупа" ($p = 6$, бо $\varphi = 1,12$) – основна група – перша переборна – третя переборна або друга переборна група.

При цьому характеристика основної групи завжди дорівнює 1.

Характеристика першої переборної групи – 3 здійснюється в результаті поділу характеристики "електрогрупи" на число передач першої переборної групи:

$$\frac{6}{2} = 3$$

Характеристика третьої переборної групи утворюється як звичайно в результаті множення числа передач на характеристику попередньої другої переборної групи (у даному випадку "електрогрупи"):

$$2 \cdot 6 = 12.$$

Наприклад, для $Z = 18$, при $\varphi = 1,26$:

$$Z = 3_3 \cdot 3_1 \cdot 2_9; \quad Z = 2_3 \cdot 3_1 \cdot 3_6;$$

для $Z = 18$, при $\varphi = 1,41$:

$$Z = 3_2 \cdot 2_1 \cdot 3_6; \quad Z = 3_2 \cdot 3_6 \cdot 2_1;$$

для $Z = 18$, при $\varphi = 1,12$:

$$Z = 3_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3; \quad Z = 2_6 \cdot 2_1 \cdot 3_2.$$

Порядок розрахунку коробки швидкостей з багатошвидкісним електродвигуном

1. Розрахувати діапазон регулювання за формулою (скоректувати частоти обертання за нормальним рядом чисел [1]):

$$R_n = \frac{n_{\max. \text{ скор}}}{n_{\min. \text{ скор}}} \quad (2.1)$$

де $n_{\min. \text{ скор}}$, $n_{\max. \text{ скор}}$ – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання, скоректовані за нормальним рядом чисел, об/хв;

R_n – діапазон регулювання.

2. Вирахувати за формулою знаменник ряду геометричної прогресії:

$$\varphi = \sqrt[Z-1]{R_n}, \quad (2.2)$$

де Z – кількість частот обертання;

R_n – діапазон регулювання.

φ – знаменник ряду геометричної прогресії.

Прийняти близьке стандартне значення з ряду: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41.

3. Визначити характеристику "електрогрупи".

4. Скласти структурну формулу приводу.
5. Вибрати з ряду нормальних чисел частоти обертання за вирахуванням φ .
6. Побудувати структурну сітку приводу.
7. Побудувати графік частот обертання.
8. Побудувати кінематичну схему приводу.

**Приклад розрахунку коробки швидкостей
з багатошвидкісним електродвигуном.**

Початкові дані.

$$n_{\min} = 100 \text{ об/хв}, \quad n_{\max} = 1400 \text{ об/хв}, \quad Z = 24.$$

Вертикально-фрезерний верстат з двошвидкісним електродвигуном.

Розрахунок.

1. Розрахувати діапазон регулювання за формулою (2.1):

$$R_n = \frac{n_{\max.скор}}{n_{\min.скор}} = \frac{1400}{100} = 14.$$

2. Вирахувати за формулою знаменник ряду геометричної прогресії за формулою (2.2):

$$\varphi = \sqrt[Z-1]{R_n} = \sqrt[24-1]{14} = 1,1216.$$

Прийняти близьке стандартне значення з ряду: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41.

Приймаємо: $\varphi = 1,12$.

3. Визначити характеристику “електрогрупи”.

При $\varphi = 1,12$; $p = 6$, “електрогрупа” – друга переборна. Так як електродвигун двошвидкісний, то $Z = 2_6$.

4. Складаємо структурну формулу приводу:

$$Z = 24 = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$$

5. Вибираємо з ряду нормальних чисел, $Z = 24$ частоти обертання з $\varphi = 1,12$:

$$n_1 = 100; \quad n_2 = 112; \quad n_3 = 125; \quad n_4 = 140; \quad n_5 = 160; \quad n_6 = 180;$$

$$n_7 = 200; \quad n_8 = 224; \quad n_9 = 250; \quad n_{10} = 280; \quad n_{11} = 315; \quad n_{12} = 355;$$

$$n_{13} = 400; \quad n_{14} = 450; \quad n_{15} = 500; \quad n_{16} = 560; \quad n_{17} = 630; \quad n_{18} = 710;$$

$$n_{19} = 800; \quad n_{20} = 900; \quad n_{21} = 1000; \quad n_{22} = 1120; \quad n_{23} = 1250; \quad n_{24} = 1400 \text{ об/хв.}$$

6. Будуємо за формулою $Z = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$ структурну сітку приводу (показано на рис. 2.1).

7. Вибираємо найближчу пару (так як двигун двошвидкісний) вхідних частот обертання: 750/1500 об/хв. Після цього будуємо графік частот обертання. При будіванні треба враховувати граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А).

Для $\varphi = 1,12$: підвищувальних – 6, понижувальних – 12 (рис. 2.2).

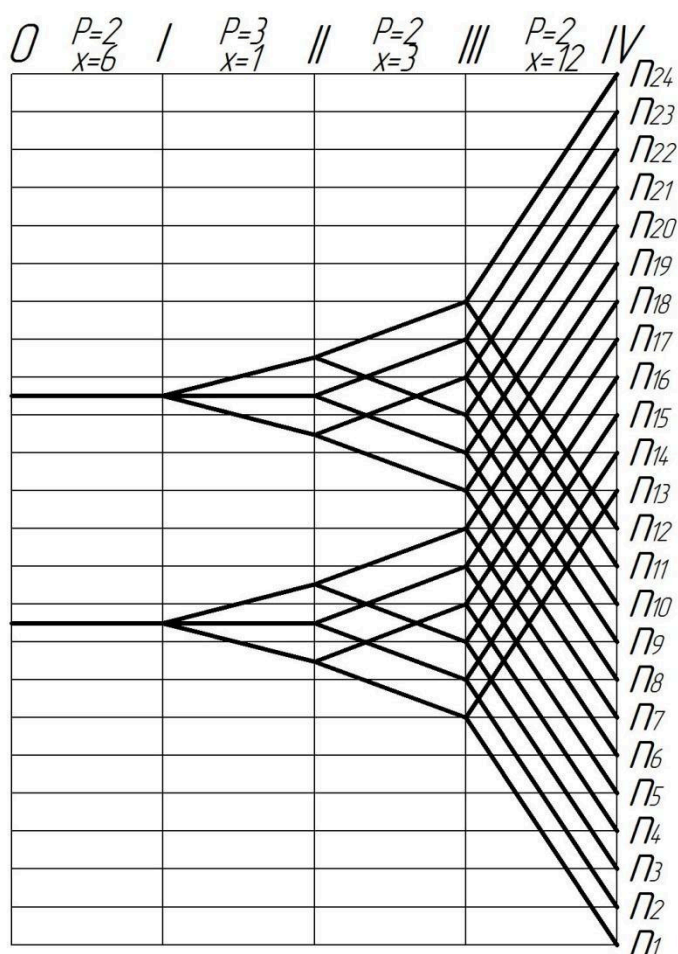


Рисунок 2.1 – Структурна сітка за формулою $Z = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$

8. Будемо кінематичну схему приводу для формули $Z = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$
(показано на рис. 2.3).

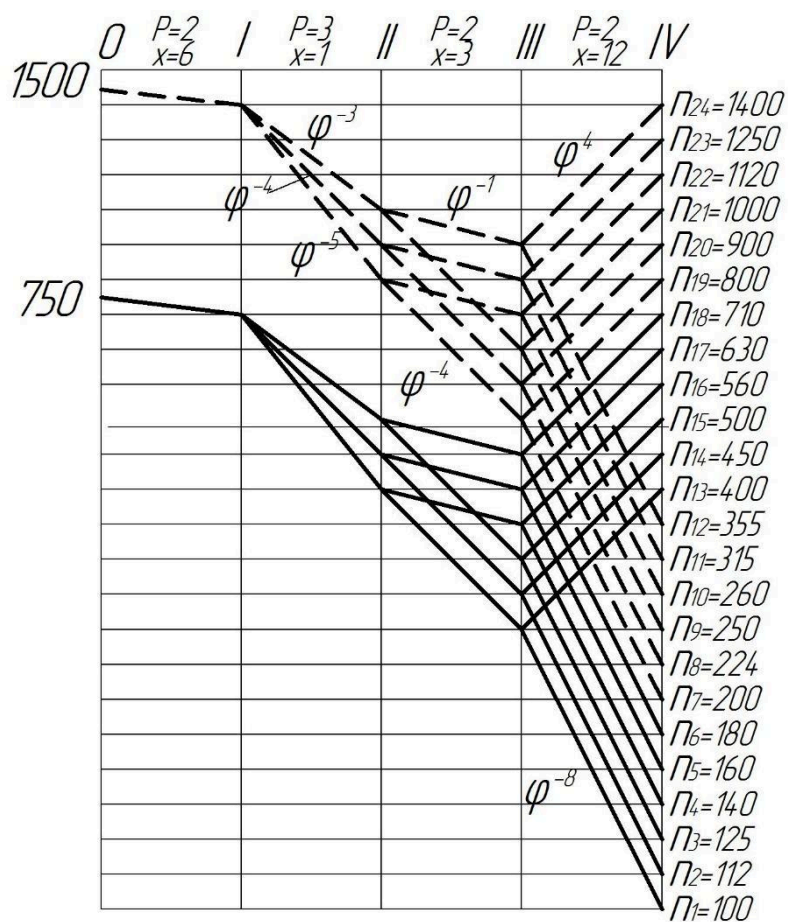


Рисунок 2.2 – Графік частот обертання для $\varphi = 1,12$ і формули $Z = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$

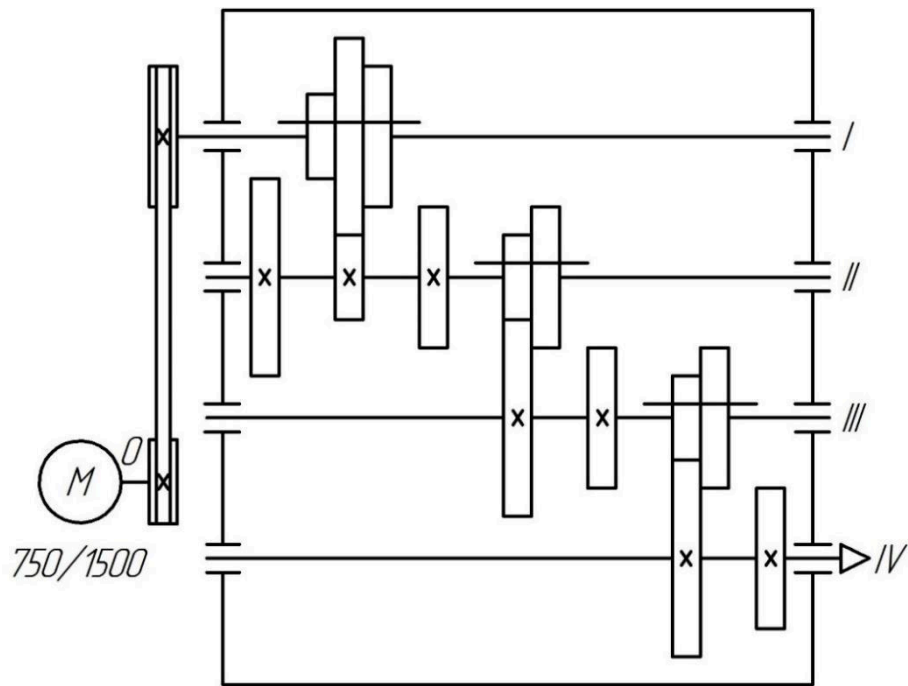


Рисунок 2.3 – Кінематична схема коробки швидкостей для формули

$$Z = 2_6 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_{12}$$

Особливості розрахунку коробки швидкостей зі складеною структурою

Складена структура приводу використовується тоді, коли неможливо побудувати просту структуру для великого числа ступенів. Як правило, це робиться з метою зменшення габаритів коробки та уникнення втрат у приводі. Складену структуру використовують також для числа ступенів, яке неможливо представити у вигляді множення простих множників, тобто

$$Z = 3^n \cdot 2^m.$$

Складені структури складаються з двох та більш кінематичних ланцюгів, кожний з яких представляє собою звичайну просту структуру. Вище згадані структури з'єднуються в одній коробці за допомогою допоміжних валів, які при цьому використовуються для розгалуження кінематичного ланцюга. При цьому загальне число швидкостей приводу:

$$Z = Z'_M + Z''_M,$$

де Z'_M – число ступенів першого кінематичного ланцюга;

Z''_M – число ступенів другого кінематичного ланцюга.

Якщо ці ланцюги мають загальну частину в структурі, то можна записати:

$$Z'_M = Z_0 \quad \text{та} \quad Z''_M = Z_0 \cdot Z .$$

Тоді

$$Z = Z_0 + Z_0 \cdot Z_\delta = Z_0 \cdot (1 + Z_\delta) ,$$

де Z_0 – основна структура;

Z_δ – допоміжна структура.

Для об'єднання складових структур в одну складну схему приводу вводять з'єднувальні передачі. Найбільш поширені схеми наведені на рис. 2.4. Тут верхню ділянку швидкостей шпинделя одержують за допомогою основної структури та передають рух на шпиндель через зубчасту пару 1-2 (рис. 2.4а) або через муфту M_1 (рис. 2.4б). Нижчу ділянку регулювання забезпечують послідовним з'єднанням з основною структурою допоміжної структури через муфту M (рис. 2.4а) та M_2 (рис. 2.4,б) або через зубчасту пару.

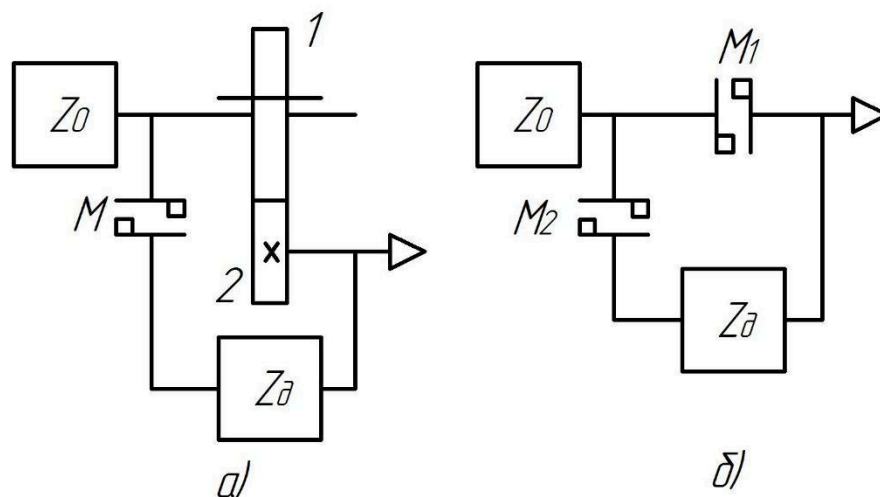


Рисунок 2.4 – Схеми складеної структури з однією додатковою структурою

На рис. 2.5 відображена схема коробки швидкостей зі складною структурою, в якій два кінематичних ланцюги:

$$Z'_M = P_a \cdot P_b \quad \text{та} \quad Z''_M = P_a \cdot P_b \cdot P_c \cdot P_d.$$

Групи P_a та P_b загальні, вони утворюють основну структуру

$$Z_0 = P_a \cdot P_b.$$

Вони надають обертання порожньому валу III.

Подальша передача руху шпинделя від першого ланцюга робиться за допомогою муфти М, та від другого ланцюга через ланку повернення (перебір) колесами 11-12, 13-14, які грають роль з'єднуючих передач.

Структурна формула приводу:

$$Z = Z'_M + Z''_M = P_a \cdot P_b + P_a \cdot P_b \cdot P_c \cdot P_d = P_a \cdot P_b \cdot (1 + P_c \cdot P_d).$$

У нашому випадку (рис. 2.5)

$$P_a = 3_1; P_b = 2_3; P_c = P_d = 1.$$

Тоді:

$$Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot (1 + 1 \cdot 1) = 12.$$

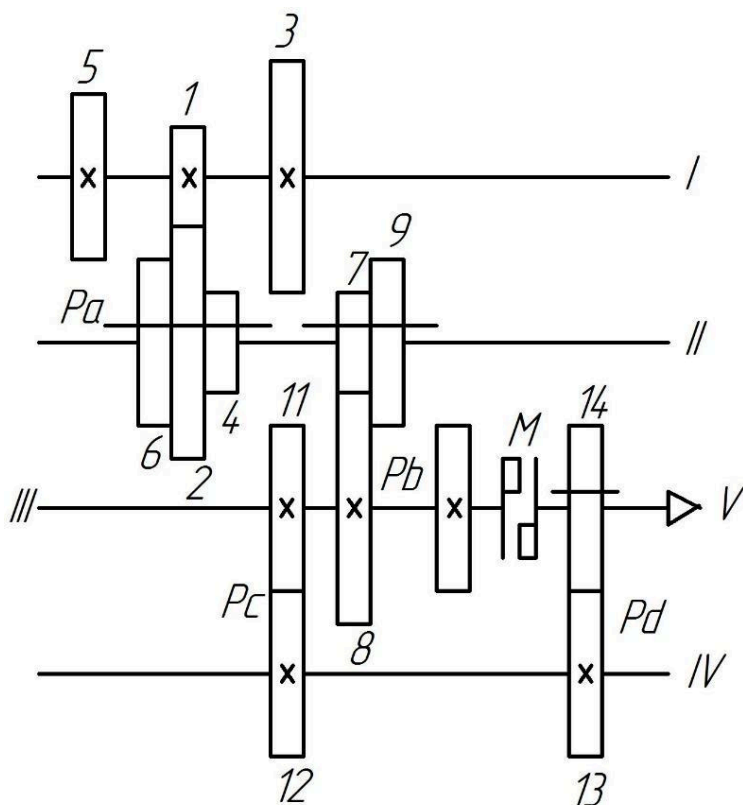


Рисунок 2.5 – Схема коробки швидкостей зі складеною структурою
(з перебором) за формулою $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot (1+1 \cdot 1)$

На рис. 2.6, 2.7 відображені відповідно структурна сітка та графік частот обертання для вище наведеної формули з $\varphi = 1,58$.

На рисунку 11,а відображені структурні сітки двох кінематичних ланцюгів, а на рисунку 11,б – сітка всього приводу. Пунктирною лінією відображено муфту.

Структуру, яка дає нижню ділянку швидкостей, так звану допоміжну, зміщуємо униз сітки та з'єднуємо паралельними лініями з III на IV вал. При цьому симетрія сітки порушується.

Сітку та графік будуємо для кожної із кінематичних ланцюгів таким чином, як і для простої структури.

У першому ланцюгу умовно рахуємо, що IV валу немає, і через муфту з'єднуємо (пунктиром) III вал зі шпинделем V.

У другому ланцюгу умовно рахуємо, що немає муфти M, і послідовно з'єднуємо III та IV вали.

Наприклад, побудуємо графік та сітку для коробки швидкостей за наступними початковими даними:

$$Z = 18 \text{ та } \varphi = 1,26.$$

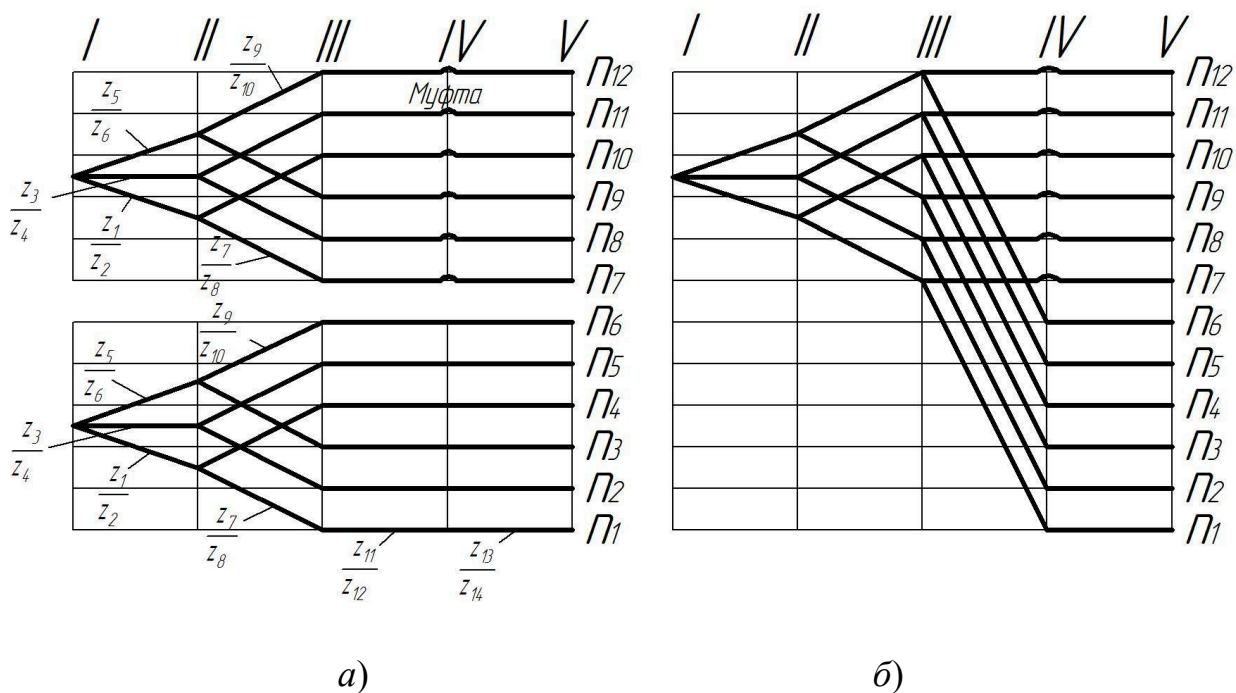


Рисунок 2.6 – Структурна сітка коробки швидкостей зі складеною структурою за формулою: $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot (1+1 \cdot 1)$

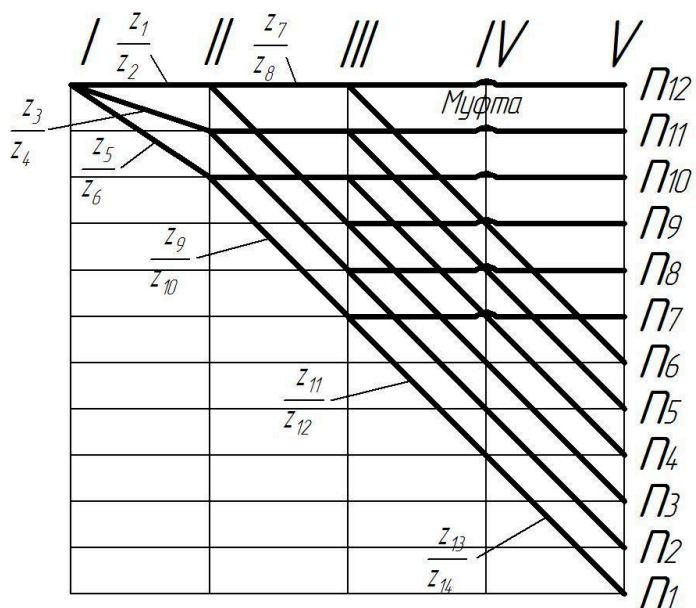


Рисунок 2.7 – Графік частот обертання коробки швидкостей зі складеною структурою за формулою: $Z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot (1+1 \cdot 1)$

Будуємо структурну формулу окремо для кожної структури:

$$Z'_M = 3_1 \cdot 2_3 = 6 \quad \text{та} \quad Z''_M = 3_1 \cdot 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6 = 12.$$

В подальшому їх складаємо:

$$Z'_M + Z''_M = 3_1 \cdot 2_3 + 3_1 \cdot 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6 = 6 + 12 = 18.$$

Однакові групи виносимо за скобки:

$$Z' = 3_1 \cdot (2_3 + 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6) = 18.$$

На рис. 2.8, 2.9 зображені відповідно сітка та графік для даної коробки швидкостей.

На рис. 2.10 відображено кінематичну схему коробки швидкостей приводу зі складеною структурою.

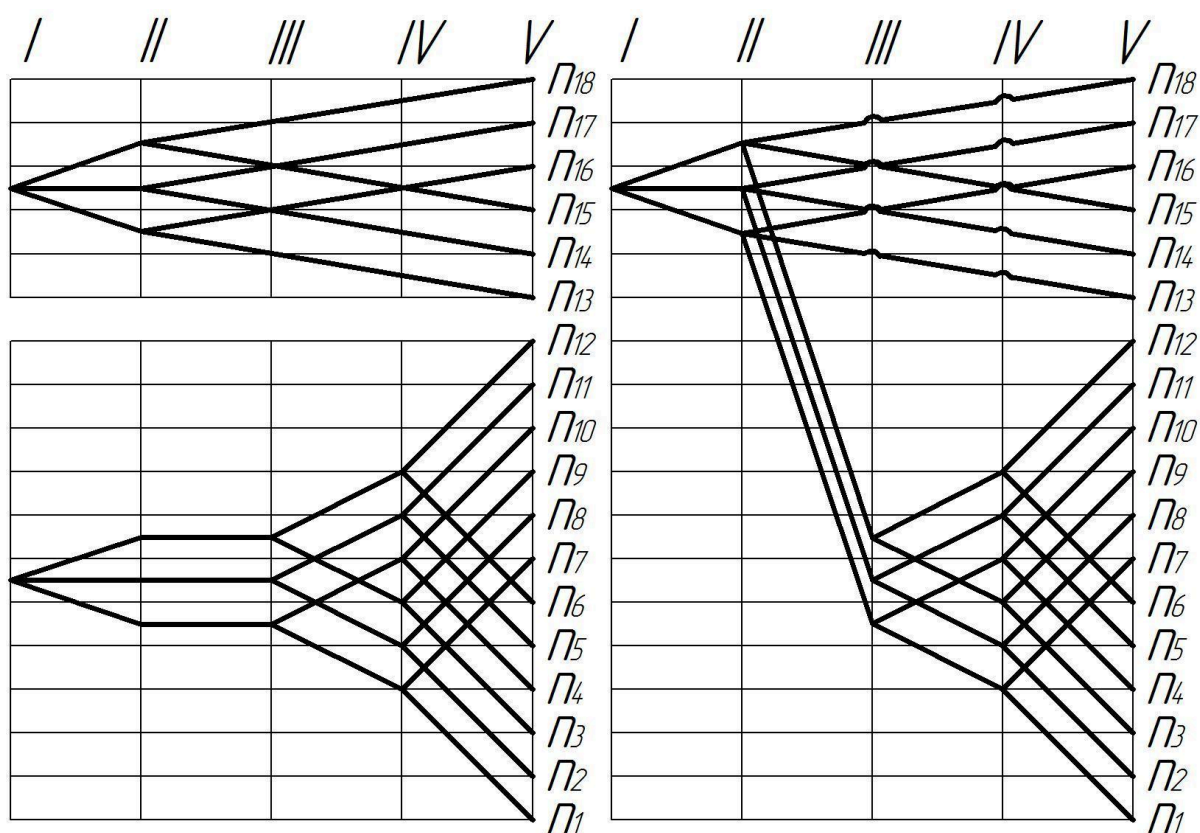


Рисунок 2.8 – Структурна сітка для складеної структури
за формулою: $Z = 3_1 \cdot (2_3 + 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6)$

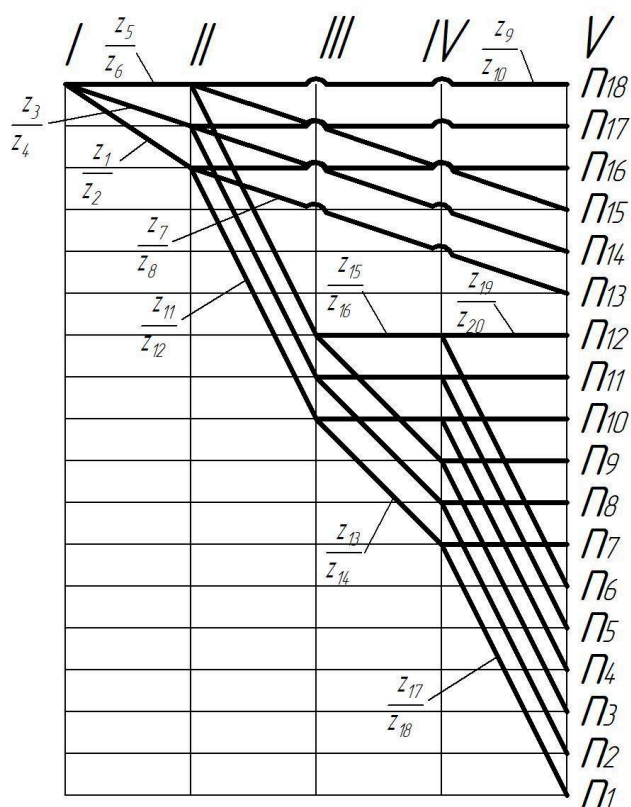


Рисунок 2.9 – Графік частот обертання для складеної структури за формулою: $Z = 3_1 \cdot (2_3 + 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6)$

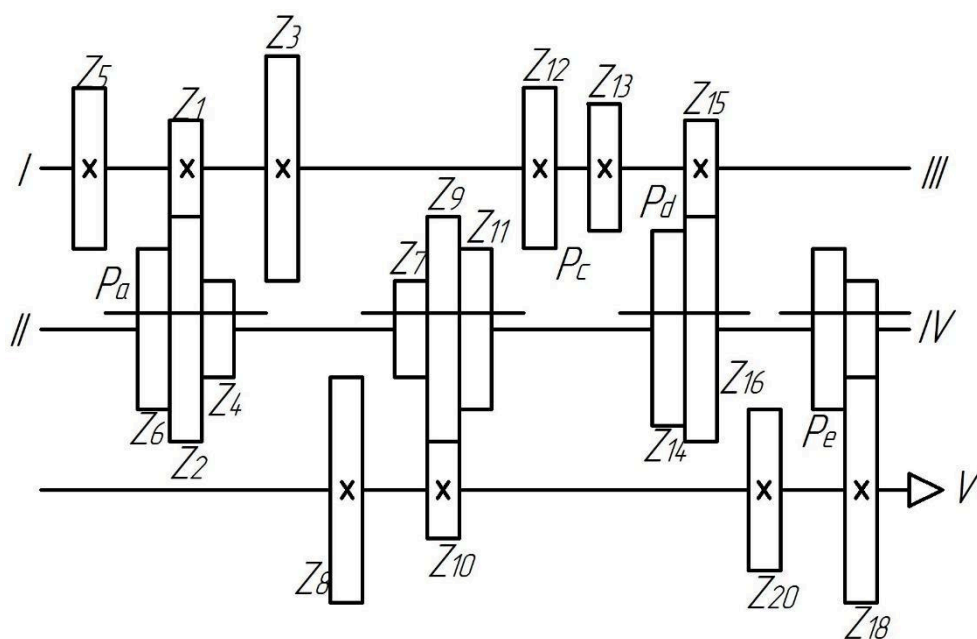


Рисунок 2.10 – Кінематична схема приводу зі складеною структурою за формулою: $Z = 3_1 \cdot (2_3 + 1 \cdot 2_3 \cdot 2_6)$

Порядок розрахунку коробки швидкостей зі складеною структурою

1. Вирахувати за формулою показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}}, \quad (2.3)$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення з ряду:

1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}}, \quad (2.4)$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}}, \quad (2.5)$$

де n_{\min} , n_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання, об/хв;

V_{\min} , V_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна швидкість різання, м/хв;

D_{\min} , D_{\max} – відповідно мінімальний та максимальний діаметр обробки, мм.

3. Обчислити діапазон регулювання за формулою:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}, \quad (2.6)$$

де R_n – діапазон регулювання;

n_{\max} – максимальна частота обертання, об/хв.;

n_{\min} – мінімальна частота обертання, об/хв.

4. Обчислити кількість передач коробки швидкостей за формулою:

$$Z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} \quad (2.7)$$

де Z – кількість передач у коробці швидкостей;

R_n – діапазон регулювання;

φ – знаменник геометричної прогресії.

Обчислену кількість Z округлити до цілого числа.

5. З ряду нормальних чисел для обчисленого значення φ вибрати Z частот обертання вихідного валу коробки швидкостей, починаючи з n_{min} по збільшенню.

6. Скласти структурну формулу для простої структури та перевірити її виконання (невиконання) за формулою:

$$\varphi^{x(p-1)} \leq 8 \quad (2.8)$$

де φ – знаменник геометричної прогресії;

x – характеристика останньої групи;

p – кількість передач останньої групи.

7. Якщо умова не виконується, записати структурну формулу у вигляді:

$$Z = Z'_M + Z''_M.$$

8. Побудувати структурні формули для кожного ланцюга:

$$Z'_M =$$

$$Z''_M =$$

9. Скласти структурні формули Z'_M та Z''_M та винести за скобки загальні групи передач.

10. Побудувати окремі структурні сітки для Z'_M та Z''_M з урахуванням їх симетричності. Потім об'єднати їх.

11. Побудувати графік частот обертання.

12. Побудувати кінематичну схему приводу.

Приклад розрахунку коробки швидкостей зі складеною структурою.

Початкові дані

$$a = 40 \% ; V_{max} = 100 \text{ м/хв}; V_{min} = 25 \text{ м/хв};$$

$$D_{max} = 70 \text{ мм}; D_{min} = 7 \text{ мм}.$$

Розрахунок.

1. Вирахувати за формулою (2.3) показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}} = \frac{1}{1 - \frac{40}{100}} = 1,66$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення φ з ряду:

$$1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.$$

Приймаємо: $\varphi = 1,58$.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами (2.4) та (2.5):

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 70} = 113 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 7} = 4547 \text{ об/хв}$$

3. Обчислити діапазон регулювання за формулою (2.6):

$$R_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{4547}{113} = 40,24$$

4. Обчислити кількість передач коробки швидкостей за формулою (2.7):

$$Z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 40,24}{\lg 1,58} = 9,077 \approx 9$$

5. З ряду нормальних чисел для обчисленого значення $\varphi = 1,58$ вибрати $Z = 9$ – частот обертання вихідного валу коробки швидкостей, починаючи з

$n_{min} = 100 \text{ об/хв}$ по збільшенню.

$$n_1 = 100 \text{ об/хв}; \quad n_2 = 160 \text{ об/хв}; \quad n_3 = 250 \text{ об/хв}; \quad n_4 = 400 \text{ об/хв}; \quad n_5 = 630 \text{ об/хв};$$

$$n_6 = 1000 \text{ об/хв}; \quad n_7 = 1580 \text{ об/хв}; \quad n_8 = 2500 \text{ об/хв}; \quad n_9 = 3950 \text{ об/хв}.$$

6. Складаємо структурну формулу для простої структури:

$$Z = 9 = 3_1 \cdot 1_3.$$

Перевірити її виконання (невиконання) за формулою (2.8):

$$\varphi^{x(p-1)} \leq 8 = 1,58^{3 \cdot (3-1)} = 15,5 > 8 \text{ — умова не виконується.}$$

7. Записуємо структурну формулу у вигляді:

$$Z = Z'_M + Z''_M = 9 = 3 + 6.$$

8. Побудувати структурні формули для кожного ланцюга:

$$Z'_M = 3_1 = 3;$$

$$Z''_M = 3_1 \cdot 2_3 = 6.$$

9. Скласти структурні формули Z'_M та Z''_M та винести за дужки загальні групи передач:

$$Z = 3_1 + 3_1 \cdot 2_3 = 3_1 \cdot (1 + 1 \cdot 2_3).$$

10. Побудувати окремі структурні сітки для Z'_M та Z''_M з урахуванням їх симетричності. Потім об'єднати їх (рис. 2.11а і рис. 2.11б).

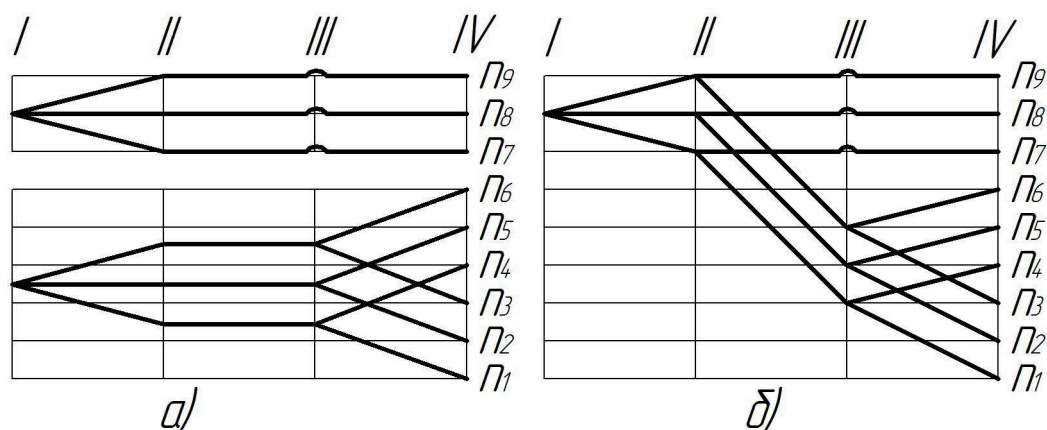


Рисунок 2.11 – Структурні сітки для формули: $Z = 3_1 \cdot (1 + 1 \cdot 2_3)$

11. Побудувати графік частот обертання за формулою $Z = 3_1 \cdot (1 + 1 \cdot 2_3)$, враховуючи те, що вхідна розрахункова частота визначається за формулою (1.7):

$$n_{\text{ex}} = \frac{n_{\text{min.скор}} + n_{\text{max.скор}}}{2} = \frac{100 + 3950}{2} = 2075 \text{ об/хв}$$

Винайдену частоту коректують за синхронною частотою асинхронного електродвигуна по наведеному ряду:

$$500, 750, 1000, 1500, 3000 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{ex}} = 1500 \text{ об/хв}$. При будівництві треба враховувати граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А).

Для $\varphi = 1,58$: понижувальних – 1,5; підвищувальних – 3.

Графік частот обертання наведено на рис. 2.12.

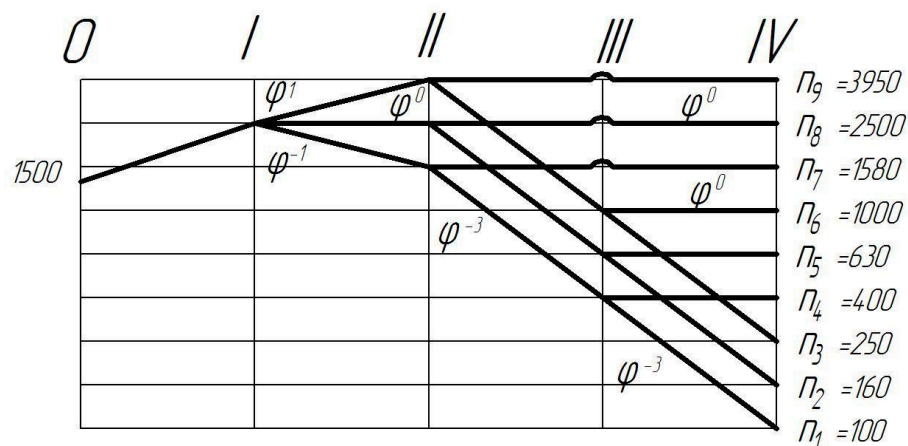


Рисунок 2.12 – Графік частот обертання для складеної структури
за формулою: $Z = 3_1 \cdot (1+1 \cdot 2_3)$

12. Побудувати кінематичну схему приводу (рис. 2.13).

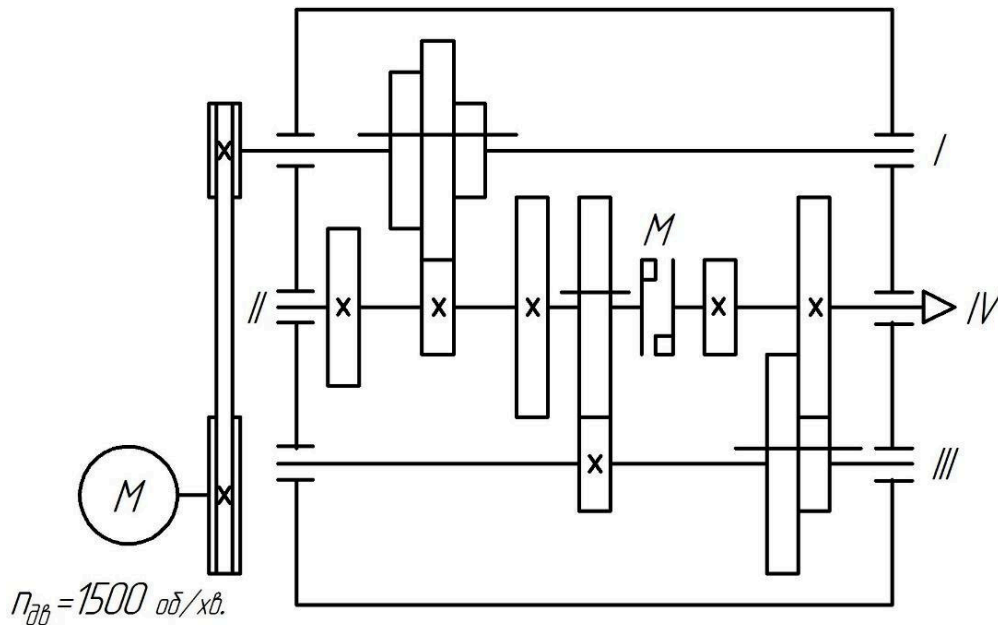


Рисунок 2.13 – Кінематична схема коробки швидкостей
за формулою: $Z = 3_1 \cdot (1+1 \cdot 2_3)$

Контрольні питання.

1. Які особливості розрахунку коробки швидкостей з багатошвидкісним електродвигуном?
2. Який порядок розрахунку коробки швидкостей з багатошвидкісним електродвигуном?
3. Як побудувати структурну сітку коробки швидкостей зі складеною структурою?
4. Як побудувати кінематичну схему приводу з багатошвидкісним електродвигуном?
5. Як побудувати кінематичну схему приводу зі складеною структурою?
6. Як побудувати графік частот обертання для складеної структури?
7. Який порядок розрахунку коробки швидкостей зі складеною структурою?

8. Які багатошвидкісні електродвигуни використовують у металорізальних верстатах?

3 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ З БЕЗСТУПІНЧАТИМИ ПРИВОДАМИ.

Особливості розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням приводу

Перспективним напрямком розвитку конструкцій коробок швидкостей головних приводів металорізальних верстатів є використання електродвигунів з безступінчатим регулюванням частоти обертання.

В основному використовують електродвигуни постійного струму з тиристорною системою регулювання частоти обертання. Їх широко використовують у верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) та у більшості багатоопераційних верстатів з ЧПК завдяки зручному та простому регулюванню та доброму стикуванню з системою ЧПК.

Окрім цього, у приводі головного руху використовують й регульовані, за рахунок зміни частоти струму, асинхронні електродвигуни.

Ці двигуни мають високу надійність, жорстку характеристику та забезпечують регулювання з постійною потужністю по всьому діапазону, але вони використовуються рідко.

Безступінчате регулювання можна здійснювати механічно, за допомогою варіатора.

Принцип дії варіатора засновано на плавному переміщенні ролика по фрикційному диску у радіальному напрямку. При цьому диск обертається з постійною швидкістю, а ролик перекочується по поверхні диску, входячи у зачеплення з диском за допомогою тертя, та змінює частоту обертання, тому що зі зменшенням діаметра диску зменшується його окружна (дотична) швидкість та швидкість ролика. Так як зчеплення ролика та диску здійснюється по декількох діаметрах одночасно (ролик має деяку ширину), то фактична швидкість

визначається тільки одним діаметром варіатора (тому що по іншим діаметрам ролик проковзує і від цього інтенсивно зношується). За допомогою тертя не можна передавати велику потужність.

Тому на практиці діапазон регулювання варіатором $R_{\varnothing} = 4 \div 6$ для малої потужності.

Із-за проковзування, малої передавальної потужності, складності виготовлення диска та ролика, варіатори дуже рідко використовують в головних приводах верстатів.

В електродвигунах постійного струму з тиристорним регулюванням діапазон регулювання швидкості двигуна з постійною потужністю лежить у межах $R_{\varnothing} = 2,5 \div 6$ (іноді $2,5 \div 8$; $2,5 \div 10$). Діапазон регулювання швидкості двигуна з постійним моментом R_m , при цьому змінюється (зменшується) потужність, лежить в дуже широких межах (рис. 3.1).

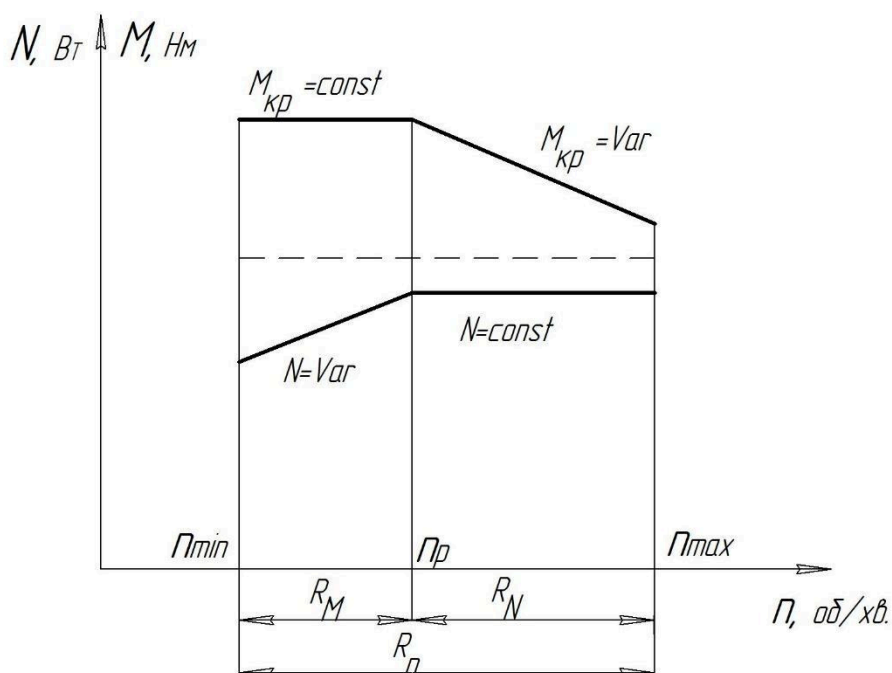


Рисунок 3.1 – Характер зміни потужності та крутного моменту в залежності від частоти обертання електродвигуна постійного струму

Постійна потужність потрібна по всьому діапазону у зв'язку з тим, що на чистових режимах обробки сили різання знижуються, а швидкість різання

збільшується. При цьому значно збільшуються втрати на тертя, що відображається на споживаній потужності та, відповідно, на стабільності та якості обробки.

Тому необхідно дотримувати при регулюванні постійну потужність.

Так як діапазон безступінчатого регулювання електродвигунів постійного струму R_ϕ значно менше потрібного діапазону регулювання частот обертання шпинделя R_n , то використовують комбіноване регулювання між пристроєм безступінчатого регулювання (електродвигуном) та шпинделем встановлюють звичайну коробку швидкостей.

При цьому повинна виконуватися умова:

$$R_n = R_k \cdot R ,$$

де R_k – діапазон регулювання ступінчатої коробки швидкостей.

Ступінчасту коробку в цьому випадку можна розглядати як переборну групу, яка розширює діапазон регулювання приводу.

У відповідності з геометричним рядом частот, знаменник прогресії φ_k обчислюється за формулою:

$$\varphi_k = R_{(k-1)} \cdot \varphi = \varphi^{X_k} ,$$

де R_{k-1} – діапазон регулювання попередньої групи передач по відношенню до k-ї групи;

X_k – характеристика k-ї групи, яка визначає ряд передаточних відношень.

По аналогії до нашого випадку:

$$\varphi_b = R_{(k-1)} \cdot \varphi = R \cdot \varphi .$$

Так як регулювання безступінчате, то

$$\varphi_b = R .$$

Діапазон регулювання розраховується за формулою:

$$R_{un} = R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_Z}{n_1} = \varphi^{Z-1} .$$

Тоді, враховуючи попередню формулу :

$$R_k = R_\partial^{Z_k - 1}$$

або

$$R_{ун} = R_n = R_\partial^{Z_k - 1} \cdot R_\partial = R_\partial^{Z_k}.$$

Таким чином, кількість ступенів коробки швидкостей Z_k розраховується за формулою:

$$Z_{k.N} \geq \frac{\lg R_n}{\lg R_\partial},$$

де $R_n = R_{ун}$ – діапазон регулювання швидкостей шпинделя;

R_∂ – загальний діапазон регулювання швидкостей двигуна.

Як правило, верхній ряд частот обертання шпинделя на графіку частот виконується з постійною потужністю, а нижній ряд – виконується з забезпеченням постійності крутного моменту (рис. 3.1).

Діапазон регулювання електродвигуна постійного струму складає :

$$3000 / 1000 / 250 \text{ об/хв},$$

де $n_{\max.дв.} = 3000$ об/хв – максимальна частота обертання двигуна;

$n_{ном.дв.} = 1000$ об/хв – номінальна частота обертання двигуна;

$n_{\min.дв.} = 250$ об/хв – мінімальна частота обертання двигуна.

Діапазон регулювання шпинделя обчислюється за формулами:

$$R_n = R_{ун} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}},$$

де n_{\min} , n_{\max} – відповідно мінімальна і максимальна частоти обертання шпинделя, об/хв.

$$R_{\partial} = \frac{n_{\max.\partial\delta}}{n_{\min.\partial\delta}}.$$

$$R_{\partial N} = \frac{n_{\max.\partial\delta}}{n_{\text{ном.}\partial\delta}}.$$

Для нашого прикладу (рис. 3.2) загальний діапазон регулювання на шпинделі:

$$R_n = \frac{2400}{40} = 60.$$

Діапазон регулювання на шпинделі з постійною потужністю:

$$R_{nN} = \frac{2400}{160} = 15.$$

Діапазон регулювання на електродвигуна:

$$R_{\partial N} = \frac{3000}{1000} = 3.$$

Тоді кількість ступенів коробки:

$$Z_k = \frac{\lg R_{nN}}{\lg R_{\partial N}} = \frac{\lg 15}{\lg 3} = 2,45 \approx 3.$$

Приймаємо $Z_k = 3$, округляючи у більшу сторону. У цьому випадку діапазони перекривають один одного і забезпечують безперервність регулювання швидкості обертання шпинделя.

Кінематична схема приведена на рис. 3.2.

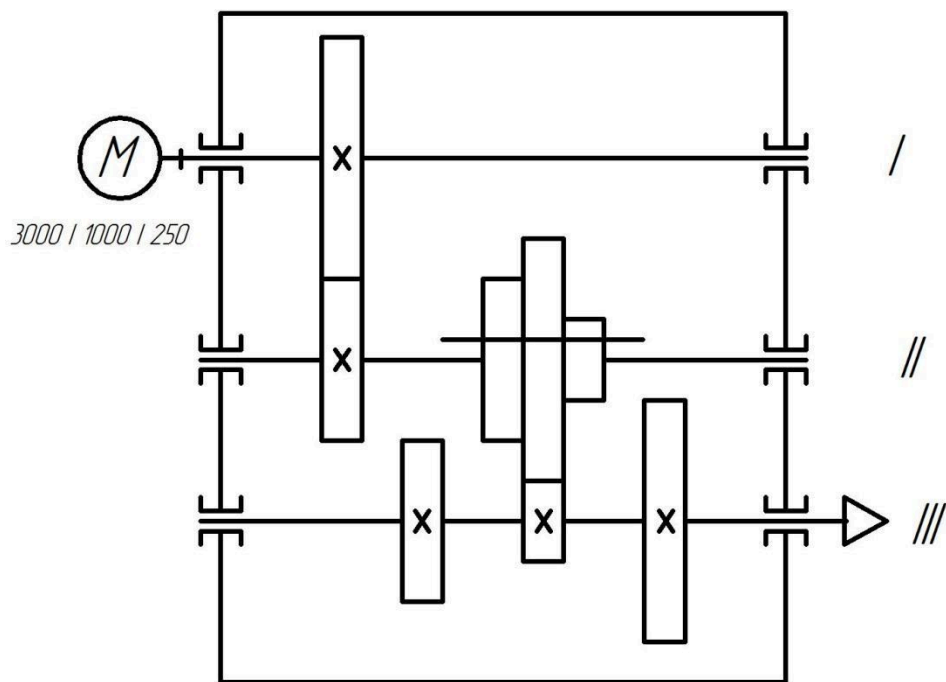


Рисунок 3.2 – Кінематична схема приводу з використанням електродвигуна постійного струму

Графік частот обертання показаний на рис. 3.3.

Діаграма потужності наведена на рис. 3.4.

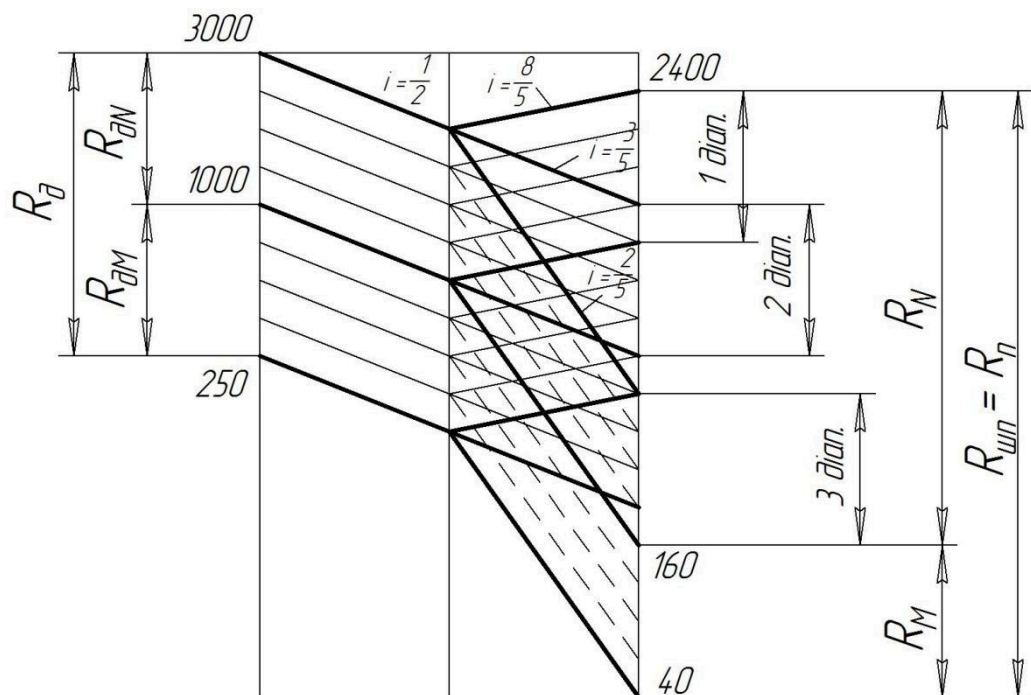


Рисунок 3.3 – Графік частот обертання з регульованим двигуном

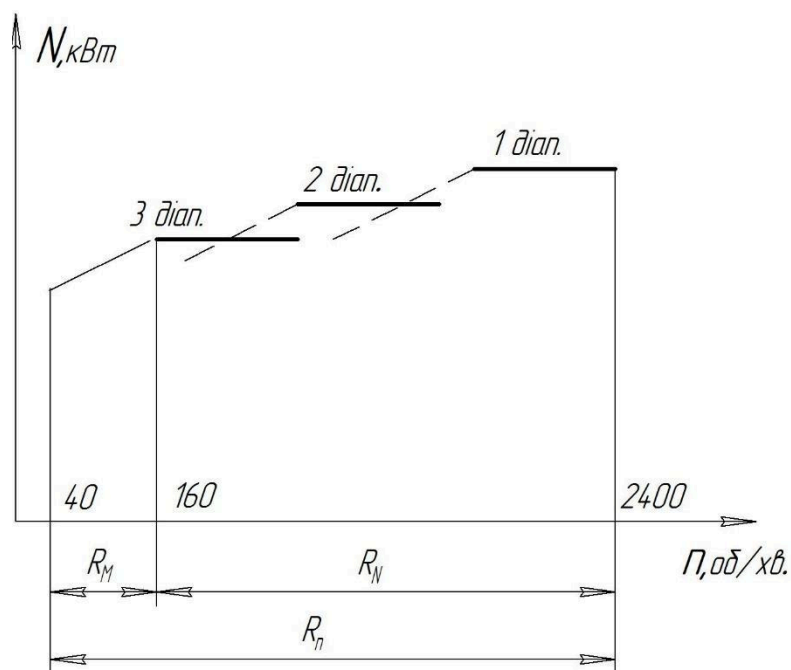


Рисунок 3.4 – Діаграма потужності

Коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням (для діапазону з постійною потужністю електродвигуна)

Порядок розрахунку.

1. Розрахувати за формулою показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}}, \quad (3.1)$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення з ряду: 1,06; 1,12.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}}; \quad (3.2)$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}}, \quad (3.3)$$

де n_{\min} , n_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання, об/хв;

V_{\min} , V_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна швидкість, м/хв;

D_{\min} , D_{\max} – відповідно мінімальний та максимальний діаметр, мм.

3. Скоректувати n_{\min} та n_{\max} за нормальним рядом чисел для вибраного знаменника геометричної прогресії φ .

4. Обчислити діапазон регулювання на шпинделі за формулою:

$$R_{\text{шп.}N} = \frac{n_{\max.\text{скор}}}{n_{\min.\text{скор}}}, \quad (3.4)$$

де $R_{\text{шп.}N}$ – діапазон регулювання на шпинделі;

$n_{\max.\text{скор}}$ – максимальна скоректована частота обертання, об/хв;

$n_{\min.\text{скор}}$ – мінімальна скоректована частота обертання, об/хв.

5. Обчислити діапазон регулювання на двигуні за формулою:

$$R_{\text{д.}N} = \frac{n_{\max.\text{д}}}{n_{\text{ном.д}}}, \quad (3.5)$$

де $R_{\text{д.}N}$ – діапазон регулювання на двигуні (з постійною потужністю);

$n_{\max.\text{д}}$ – максимальна частота обертання, об/хв.;

$n_{\text{ном.д}}$ – номінальна частота обертання, об/хв.

6. Обчислити кількість частот обертання електродвигуна постійного струму (величину ступенів “електрогрупи”) за формулою:

$$Z_e = 1 + \frac{\lg R_{\text{д}N}}{\lg \varphi}, \quad (3.6)$$

де Z_e – кількість частот обертання електродвигуна;

$R_{\text{д}N}$ – діапазон регулювання;

φ – знаменник геометричної прогресії.

Обчислене значення Z_e необхідно округлити до цілого.

7. Визначити діапазон регулювання частот обертання коробки швидкостей за формулою:

$$R_K = \frac{R_{nN}}{R_{\partial N}}, \quad (3.7)$$

де R_K – діапазон регулювання коробки швидкостей;

$R_{\partial N}$ – діапазон регулювання електродвигуна;

R_{nN} – діапазон регулювання на шпинделі.

8. Визначити кількість передач ступінчатої коробки швидкостей між електродвигуном та шпинделем Z_K (або P – кількість передач розмножувальної групи для ступінчатого регулювання з формули діапазону регулювання:

$$R_k = \varphi^{(Z_k-1) \cdot k},$$

звідки:

$$Z_K = \frac{\lg R_K}{Z_e \cdot \lg \varphi} + 1, \quad (3.8)$$

де Z_K – кількість передач ступінчатої коробки швидкостей між електродвигуном та шпинделем;

R_K – діапазон регулювання коробки швидкостей;

Z_e – кількість частот обертання електродвигуна;

φ – знаменник геометричної прогресії.

9. Визначити структурну формулу приводу безступінчатого регулювання:

$$Z_n = Z_{e(1)} \cdot Z_{K(Z_e)},$$

де I та Z_e – характеристики груп.

10. Перевірити діапазон передач останньої розмножувальної групи на наявність простої структури за формулою:

$$D_i = \varphi^{(p-1) \cdot K}, \quad (3.9)$$

де $p = Z_k, K = Z_e$.

Якщо $D_i \leq 8$, то будуюмо графік для простої структури, не змінюючи структурної формули.

Якщо $D_i \geq 8$, то змінюємо структурну формулу на нову (для складеної структури) і будуюмо для неї графік частот обертання.

11. Побудувати графік частот обертання шпинделя з урахуванням граничної кількості інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А). На графіку треба вказувати діапазони (піддіапазони).

12. Побудувати кінематичну схему приводу.

13. Виконати аналіз графіка частот обертання безступінчатого приводу та визначити вплив вибраної структури на ефективність приводу (наявність розриву безступінчатого регулювання, перекриття діапазонів, можливість використання гітари змінних коліс).

Приклад розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням (для діапазону з постійною потужністю електродвигуна)

Початкові дані.

$$a = 5 \%; V_{max} = 39 \text{ м/хв}; V_{min} = 16 \text{ м/хв};$$

$$D_{max} = 100 \text{ мм}; D_{min} = 5 \text{ мм};$$

$$n_{max.\partial} = 3000 \text{ об/хв}; n_{ном.\partial} = 1000 \text{ об/хв}.$$

Розрахунок.

1. Розрахуємо за формулою (3.1) показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}} = \frac{1}{1 - \frac{5}{100}} = 1,05.$$

Використовуємо найближче значення з стандартного ряду: 1,06; 1,12.

Приймаємо: $\varphi = 1.06$.

2. Обчислимо мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами (3.2) та (3.3):

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 100} = 51 \text{ об/хв};$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}} = \frac{1000 \cdot 39}{3,14 \cdot 5} = 2483 \text{ об/хв}.$$

3. Скоректуємо n_{\min} та n_{\max} за нормальним рядом чисел для розрахованого знаменника геометричної прогресії $\varphi = 1,06$. Таблиця нормальних чисел для різних значень φ наведена у [1].

Приймаємо:

$$n_{\min.скор} = 50 \text{ об/хв}; \quad n_{\max.скор} = 2500 \text{ об/хв}.$$

4. Обчислимо діапазон регулювання на шпинделі за формулою (3.4):

$$R_{ун.N} = \frac{n_{\max.скор}}{n_{\min.скор}} = \frac{2500}{50} = 50.$$

5. Обчислимо діапазон регулювання на двигуні за формулою (3.5):

$$R_{\partial.N} = \frac{n_{\max.\partial}}{n_{ном.\partial}} = \frac{3000}{1000} = 3.$$

6. Обчислимо кількість частот обертання електродвигуна постійного струму (величину ступенів “електрогрупи”) за формулою (3.6):

$$Z_e = 1 + \frac{\lg R_{\partial N}}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 3}{\lg 1,06} = 19,85.$$

Приймаємо $Z_e = 20$.

7. Визначимо діапазон регулювання частот обертання коробки швидкостей за формулою (3.7):

$$R_K = \frac{R_{унN}}{R_{\partial N}} = \frac{50}{3} = 16,66.$$

8. Визначимо кількість передач ступінчатої коробки швидкостей між електродвигуном та шпинделем Z_K за формулою (3.8):

$$Z_K = \frac{\lg R_K}{Z_e \cdot \lg \varphi} + 1 = \frac{\lg 16,66}{20 \cdot \lg 1,06} + 1 = 3,43.$$

Приймаємо $Z_K = 4$.

9. Вибираємо структурну формулу приводу безступінчатого регулювання:

$$Z_n = Z_{e(1)} \cdot Z_{K(Z_e)} = 20_1 \cdot 4_{20}.$$

10. Перевіряємо діапазон передач останньої множини групи на наявність простої структури за формулою (3.9):

$$D_i = \varphi^{K(p-1)} = 1,06^{(4-1) \cdot 20} = 32,99 > 8.$$

Тобто, вище наведену формулу Z_n для простої структури потрібно замінити на формулу для складеної структури:

$$Z_n = 20_1 \cdot 4_{20} = 20_1 \cdot (1 + 3) = 20_1 \cdot (1_{20} + 1_{20} \cdot 2_{20}).$$

Випишемо [1] усі частоти обертання, починаючи з $n_{min} = 50$ об/хв:

50; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 106; 112; 118; 125; 132; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 212; 224; 236; 250; 265; 280; 300; 315; 335; 355; 375; 400; 425; 450; 475; 500; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1060; 1120; 1180; 1250; 1320; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2120; 2240; 2360; 2500.

11. Будуємо графік частот обертання (рис. 3.5), починаючи з $n_{max.\delta} = 3000$ об/хв та $n_{ном.\delta} = 1000$ об/хв за формулою:

$$Z_n = 20_1 \cdot (1_{20} + 1_{20} \cdot 3_{20}).$$

При побудові враховуємо граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А):

для $\varphi = 1,06$: понижувальних – 24; підвищувальних – 12.

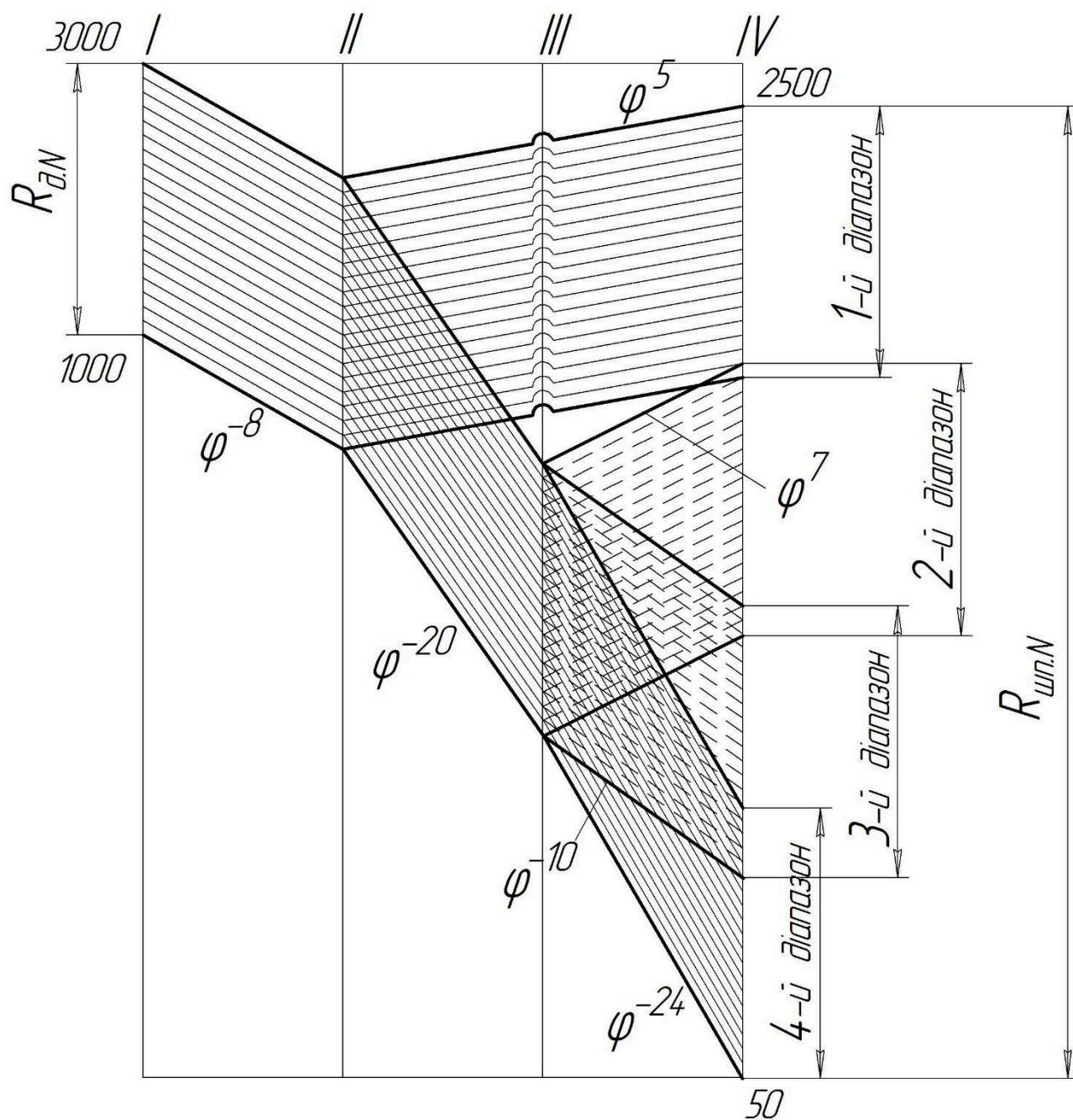


Рисунок 3.5 – Графік частот обертання

12. Будемо кінематичну схему коробки швидкостей безступінчатого приводу за графіком частот обертання для формули $Z_n = 20_1 \cdot (1_{20} + 1_{20} \cdot 3_{20})$ (рис. 3.6).

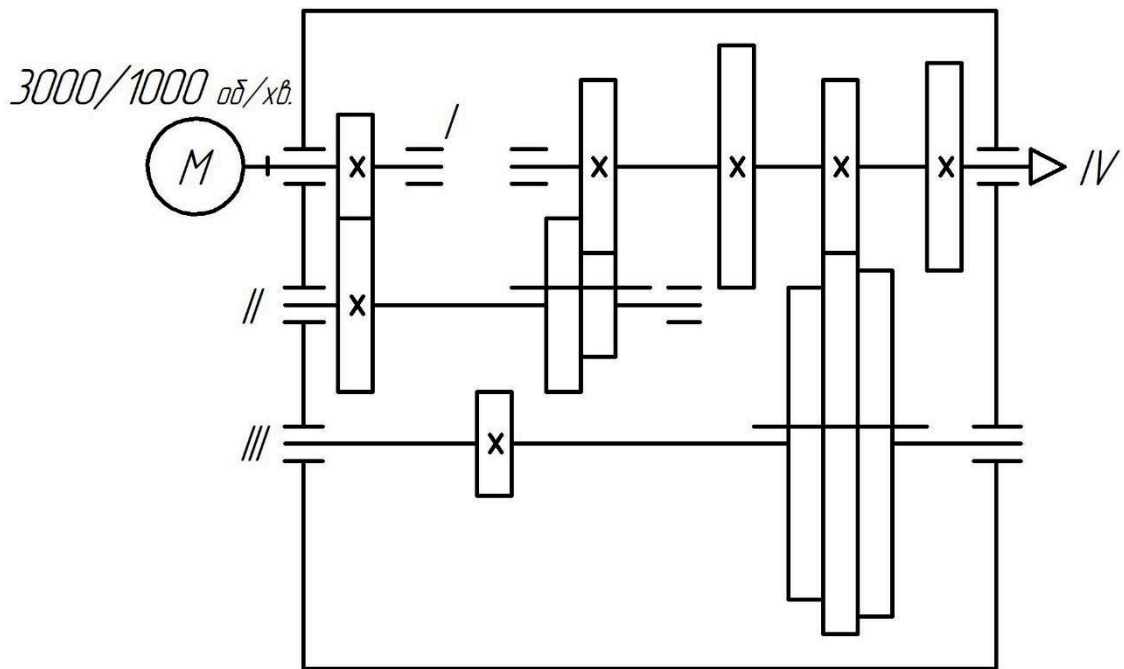


Рисунок 3.6 – Кінематична схема коробки швидкостей
за формулою $Z = 20_1 \cdot (1_{20} + 1_{20} \cdot 3_{20})$

Контрольні питання.

1. Які особливості розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням приводу?
2. Який порядок розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням приводу?
3. Який характер зміни потужності та крутного моменту в залежності від частоти обертання електродвигуна постійного струму?
4. Як побудувати графік частот обертання для приводу з безступінчатим регулюванням?

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ З БЕЗСТУПІНЧАТИМ КОМБІНОВАНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ.

Порядок розрахунку коробок швидкостей з безступінчатим комбінованим регулюванням

1. Розрахувати показник геометричної прогресії безступінчатого регулювання за формулою:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}}, \quad (4.1)$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Прийняти близьке стандартне значення φ з ряду: 1,06; 1,12.

2. Обчислити мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}}; \quad (4.2)$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}}, \quad (4.3)$$

де n_{\min} , n_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання, об/хв;

V_{\min} , V_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна швидкість, м/хв;

D_{\min} , D_{\max} – відповідно мінімальний та максимальний діаметр, мм.

3. Скоректувати n_{\min} та n_{\max} за нормальним рядом чисел для розрахованого знаменника геометричної прогресії φ .

4. Обчислити діапазон регулювання на шпинделі за формулою:

$$R_{ин} = R = \frac{n_{max.скор}}{n_{min.скор}}, \quad (4.4)$$

де R_n – діапазон регулювання на шпинделі;

$n_{max.скор}$ – максимальна скоректована частота обертання, об/хв;

$n_{min.скор}$ – мінімальна скоректована частота обертання, об/хв.

5. Обчислити діапазон регулювання на двигуні за формулою:

$$R_{\delta} = \frac{n_{max.\delta}}{n_{min.\delta}}; \quad (4.5)$$

для постійної потужності:

$$R_{\delta.N} = \frac{n_{max.\delta}}{n_{ном.\delta}}; \quad (4.6)$$

для постійного моменту:

$$R_{\delta.M} = \frac{n_{ном.\delta}}{n_{min.\delta}}, \quad (4.7)$$

де R_{δ} – загальний діапазон регулювання двигуна;

$R_{\delta.N}$ – діапазон регулювання двигуна з постійною потужністю;

$R_{\delta.M}$ – діапазон регулювання двигуна з постійним моментом;

$n_{max.\delta}$ – максимальна частота обертання, об/хв;

$n_{ном.\delta}$ – номінальна частота обертання, об/хв;

$n_{min.\delta}$ – мінімальна частота обертання, об/хв.

Тоді

$$R_{\delta} = R_{\delta.N} \cdot R_{\delta.M}.$$

6. Розрахувати умовну частоту обертання шпинделя, до якої не використовується повна потужність двигуна, за емпіричною формулою:

$$n_{умов} = n_{min} \cdot \sqrt[4]{R_n} \quad \text{чи} \quad n_{умов} = n_{min} \cdot \sqrt[3]{R_n} \quad (4.9)$$

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

n_{min} – мінімальна частота обертання шпинделя, об/хв.

Розраховану швидкість $n_{умов}$ в подальшому уточнити по графіку частот обертання, або по ряду нормальних чисел.

7. Визначити діапазон регулювання шпинделя з постійною потужністю за формулою:

$$R_{n.N} = \frac{n_{max}}{n_{умов}}, \quad (4.10)$$

де $R_{n.N}$ – діапазон регулювання шпинделя з постійною потужністю;

n_{max} – максимальна частота обертання шпинделя, об/хв.;

$n_{умов}$ – умовна частота обертання шпинделя, об/хв.

8. Визначити діапазон регулювання ступінчатої коробки швидкостей між двигуном постійного струму та шпинделем:

$$R_K = \frac{R_{n.N}}{R_{\partial.N}}, \quad (4.11)$$

де R_K – діапазон регулювання ступінчатої коробки швидкостей між двигуном постійного струму та шпинделем;

$R_{n.N}$ – діапазон регулювання шпинделя з постійною потужністю;

$R_{\partial.N}$ – діапазон регулювання двигуна з постійною потужністю.

9. Обчислити кількість швидкостей електродвигуна постійного струму за формулами:

$$Z_{eN} = 1 + \frac{\lg R_{\partial N}}{\lg \varphi} \quad (4.12)$$

$$Z_{eM} = 1 + \frac{\lg R_{\partial M}}{\lg \varphi} \quad (4.13)$$

де Z_{eN} – кількість швидкостей електродвигуна з постійною потужністю;

Z_{eM} – кількість швидкостей електродвигуна з постійним моментом;

$R_{\partial N}$ – діапазон регулювання електродвигуна з постійною потужністю;

$R_{\partial M}$ – діапазон регулювання електродвигуна з постійним моментом;

φ – знаменник геометричної прогресії.

Визначені значення Z_{eN} та Z_{eM} округлити до цілого числа.

10. Визначити кількість передач ступінчатої коробки за формулою:

$$R_K = \varphi^{(Z_K - 1) \cdot Z_{eN}}$$

або

$$Z_K = 1 + \frac{\lg R_K}{Z_{eN} \cdot \lg \varphi}, \quad (4.14)$$

де Z_{eN} – кількість швидкостей електродвигуна з постійною потужністю;

Z_K – кількість передач коробки швидкостей;

R_K – діапазон регулювання ступінчатої коробки швидкостей між електродвигуном постійного струму та шпинделем;

φ – знаменник геометричної прогресії.

11. Побудувати структурну формулу привода безступінчатого регулювання:

$$Z_{nN} = Z_{eN(1)} \cdot Z_{K(Z_{eN})}$$

12. Перевірити передачу останньої розмножувальної групи коробки швидкостей на наявність простої структури:

$$D_i = \varphi^{(p-1) \cdot K}, \quad (4.15)$$

де p – кількість передач останньої групи;

K – характеристика останньої групи.

Якщо $D_i \leq 8$, то будуюмо графік для простої структури, не змінюючи структурної формули.

Якщо $D_i \geq 8$, то змінюємо структурну формулу на нову (для складеної структури) і будуюмо для неї графік частот обертання.

13. Побудувати кінематичну схему привода з вказуванням номерів валів та шпинделя.

14. Побудувати графік частот обертання привода з вказуванням усіх швидкостей на шпинделі, а також піддіапазонів.

Приклад розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим комбінованим регулюванням

Початкові дані

$$a = 5 \% ; V_{max} = 170 \text{ м/хв} ; V_{min} = 34 \text{ м/хв} ;$$

$$D_{max} = 450 \text{ мм} ; D_{min} = 30 \text{ мм} ;$$

$$n_{max.\delta} = 2000 \text{ об/хв} ; n_{ном.\delta} = 400 \text{ об/хв} ; n_{min.\delta} = 50 \text{ об/хв} .$$

Розрахунок.

1. Розраховуємо за формулою (4.1) показник геометричної прогресії:

$$\varphi = \frac{1}{1 - \frac{a}{100}} = \frac{1}{1 - \frac{5}{100}} = 1,05$$

де a – значення втрат швидкості у відсотках.

Необхідно прийняти найближче стандартне значення з ряду: 1,06; 1,12.

Приймаємо: $\varphi = 1,06$.

2. Обчислимо мінімальне та максимальне значення частоти обертання за формулами (4.2) та (4.3):

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 450} = 24 \text{ об/хв} ;$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} = \frac{1000 \cdot 170}{3,14 \cdot 30} = 1804,6 \text{ об/хв} .$$

3. Скоректуємо n_{min} та n_{max} за нормальним рядом чисел для винайденого знаменника геометричної прогресії $\varphi = 1,12$. Таблиця нормальних чисел для різних значень φ наведена у [1].

$$n_{min.скор} = 23,6 \text{ об/хв} ; n_{max.скор} = 1800 \text{ об/хв} .$$

4. Обчислимо діапазон регулювання на шпинделі за формулою (4.4):

$$R_n = R_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{max.скор}}}{n_{\text{min.скор}}} = \frac{1800}{23,6} = 76,27.$$

5. Обчислимо діапазон регулювання на двигуні за формулами (4.5), (4.6), (4.7):

$$R_\delta = \frac{n_{\text{max.}\delta}}{n_{\text{min.}\delta}} = \frac{2000}{50} = 40;$$

для постійної потужності:

$$R_{\delta.N} = \frac{n_{\text{max.}\delta}}{n_{\text{ном.}\delta}} = \frac{2000}{200} = 5;$$

для постійного моменту:

$$R_{\delta.M} = \frac{n_{\text{ном.}\delta}}{n_{\text{min.}\delta}} = \frac{400}{50} = 8.$$

6. Розрахуємо умовну частоту обертання шпинделя, до якої не використовується повна потужність двигуна, за формулою (4.9):

$$n_{\text{умов}} = n_{\text{min}} \cdot \sqrt[4]{R_n} = 23,6 \cdot \sqrt[4]{76,27} = 69,74 \text{ об/хв};$$

$$n_{\text{умов}} = n_{\text{min}} \cdot \sqrt[3]{R_n} = 23,6 \cdot \sqrt[3]{76,27} = 100,08 \text{ об/хв}.$$

7. Визначимо діапазон регулювання шпинделя з постійною потужністю за формулою (4.10):

$$R_{n.N} = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{умов}}} = \frac{1800}{100} = 18.$$

8. Визначимо діапазон регулювання ступінчатої коробки швидкостей між двигуном постійного струму та шпинделем за формулою (4.11):

$$R_K = \frac{R_{n.N}}{R_{\delta.N}} = \frac{18}{5} = 3,6.$$

9. Обчислимо кількість швидкостей електродвигуна постійного струму за формулами (4.12) та (4.13):

$$Z_{eN} = 1 + \frac{\lg R_{\delta N}}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 5}{\lg 1,06} \approx 29;$$

$$Z_{eM} = 1 + \frac{\lg R_{\partial M}}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 8}{\lg 1,06} \approx 37.$$

10. Визначимо кількість передач ступінчатої коробки за формулою (4.14):

$$Z_K = 1 + \frac{\lg R_K}{Z_{eN} \cdot \lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 3,6}{29 \cdot \lg 1,06} = 1,75 \approx 2.$$

11. Побудуємо структурну формулу привода безступінчатого регулювання:

$$Z_{nN} = Z_{eN(1)} \cdot Z_{K(Z_{eN})} = 29_1 \cdot 2_{29}.$$

12. Перевіряємо передачу останньої розмножувальної групи коробки швидкостей на наявність простої структури за формулою (4.15):

$$D_i = \varphi^{k(p-1)} = 1,12^{18 \cdot (2-1)} = 7,69 < 8.$$

Так як $D_i < 8$, то структурна формула – проста.

13. За наведеною вище формулою побудуємо графік частот обертання. При побудові треба враховувати граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів (додаток А):

для $\varphi = 1,06$: понижувальних – 24; підвищувальних – 12.

Графік частот обертання наведено на рис. 4.1.

14. Побудуємо кінематичну схему приводу з позначенням номерів валів та шпинделя для формули $Z_{nN} = 29_1 \cdot 2_{29}$ (рис. 4.2).

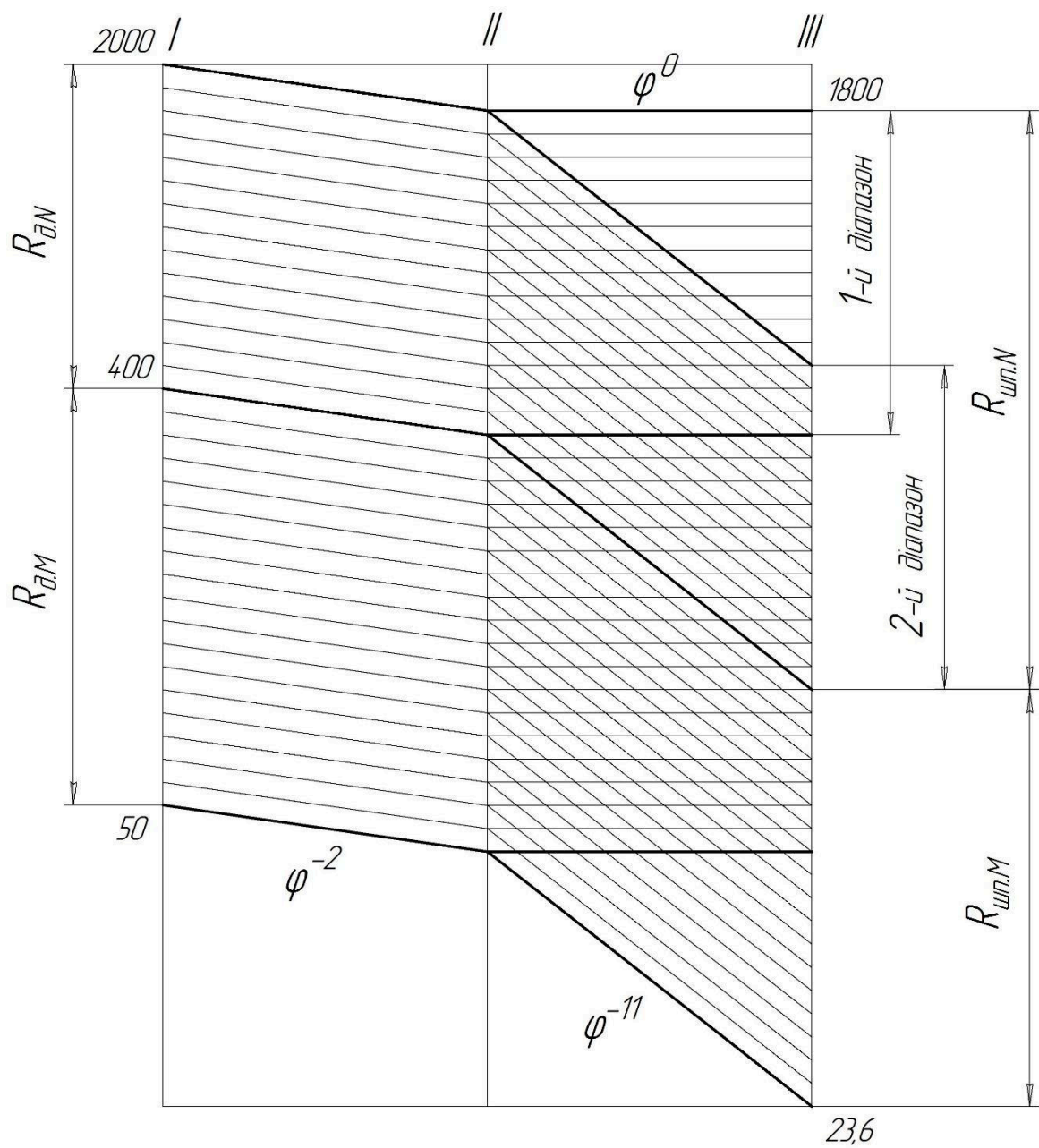


Рисунок 4.1 – Графік частот обертання

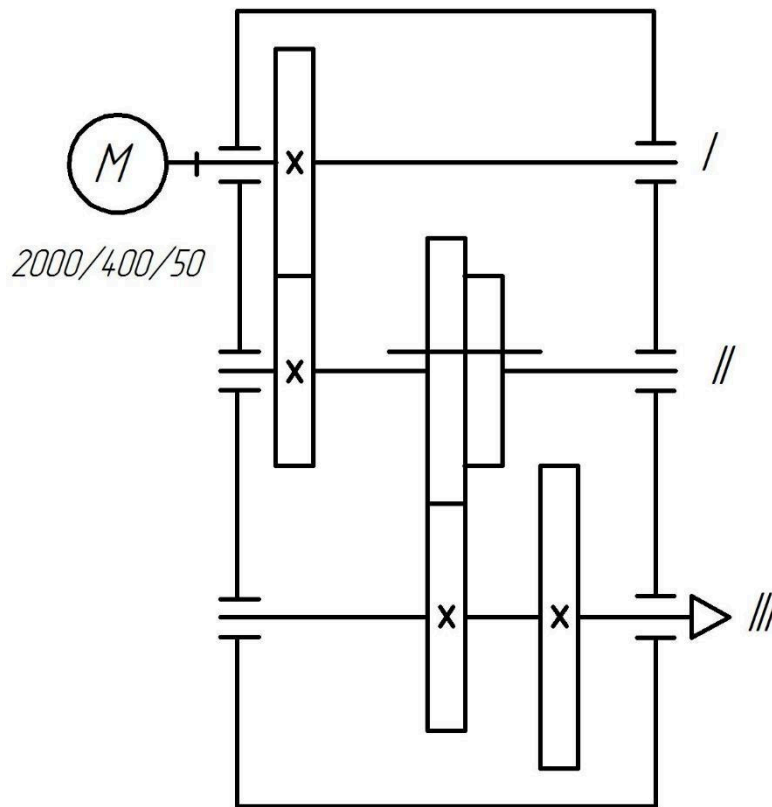


Рисунок 4.2 – Кінематична схема коробки швидкостей

за формулою $Z_{mN} = 29_1 \cdot 2_{29}$

Контрольні питання.

1. Які особливості розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим комбінованим регулюванням?
2. Як обчислити діапазон регулювання частот обертання на шпинделі?
3. Який порядок розрахунку коробки швидкостей з безступінчатим регулюванням приводу?
4. Як побудувати графік частот обертання для приводу з безступінчатим регулюванням?

5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ НАСТІЛЬНОГО СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА 2М112 і ФРЕЗЕРНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАСТІЛЬНОГО ВЕРСТАТА НГФ-110ШЗ. ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ.

Мета і задачі заняття.

Ознайомитися з конструкцією та технологічними можливостями настільного свердлильного верстата 1М112 і фрезерного горизонтального настільного верстата НГФ-110ШЗ.

Вивчити правила техніки безпеки при роботі на металорізальних верстатах.

Техніка безпеки при роботі з металорізальними верстатами

Найнебезпечнішим виробничим фактором при роботі на металорізальних верстатах є: шпиндель, що обертається, вали, черв'яки, стружка і, якщо сказати одним словом, то небезпеку становлять всі обертові механізми верстата.

Слід пам'ятати, що, перед початком роботи на верстатах, необхідно знати про наступні вимоги з нормативних документів з охорони праці і виконувати їх.

Пристаюючи до роботи на металорізальному верстаті, приведіть свій робочий одяг у порядок, застебніть всі гудзики або клепки, щільно підв'яжіть або закотіть рукава. Якщо у Вас довге волосся, приберіть його під головний убір. Підготуйте своє робоче місце. Перевірте справність усіх захисних щитків, справність захисних кінцевиків (при наявності). Захисні окуляри повинні бути чистими, без подряпин і тріщин. Заздалегідь приготуйте ріжучий та вимірювальний інструмент, необхідні пристосування для виготовлення даної деталі, тару для заготовок і готової продукції, подивіться, чи все в порядку з підніжними настилами.

Підлога навколо верстату повинна бути чистою і без оливних плям. Перед початком роботи перевірте гальмівні механізми, пристрої управління (кнопки «Пуск» та «Зупинка», подачу олив на механізми і напрямні елементи верстату, натяг ременів і ланцюгів. Для такої перевірки достатньо провести запуск верстату і протягом декількох хвилин на холостому ходу перевірити його. Вам відразу стане ясно, чи справний верстат, чи несправний з механічної частини. Приступайте до роботи тільки у тому випадку, коли верстат повністю справний.

Під час підготовки верстата до роботи проведіть установку різців, пристосувань, оснастки і інше, верстат повинен перебувати у вимкненому положенні. Після установки різців та оснащення перевірте рух шпинделя вручну. Переконайтеся, що різці не б'ються об патрон, шпиндель і оснащення. Під час роботи верстата міцно закріплюйте оброблювальні заготовки і деталі у патроні, оправках або центрах. При установці і знятті заготовок вагою більшою за 20 кг користуйтеся підйомними пристроями. Ні в якому разі не залишайте ключ у патроні після закріплення або зняття деталі. Не чіпайте і не пригальмовуйте руками шпиндель верстату, який рухається, до повної його зупинки.

При прибиранні стружки необхідно використовувати щітки та металеві гачки. Не робіть прибирання, протирання олив з верстату при обробці деталі.

При вимірах параметрів деталі вимикайте обертання шпинделя і обережно робіть виміри. Будьте обережні при замірах, на оброблювальних деталях можуть бути присутніми гострі кромки (можна порізати руки).

Закривайте зону різання призначеними захисними кожухами, екранами. При швидкісному точінні слід застосовувати різці зі стружколомними канавками. При зачистці задирок або поліруванні оброблюваних деталей застосовуйте затискачі. Тримати в руках абразивну шкурку заборонено. Нежорсткі вали необхідно обробляти в люнетах. Працювати необхідно по тих процесах і виставляти ті режими різання, які вказані в технологічному процесі на оброблювану деталь. Перед вимиканням обертання шпинделя слід вимкнути автоматичну подачу верстата і відвести ріжучий інструмент від деталі.

Забороняється працювати в рукавичках, із забинтованими пальцями (можна скористатися гумовими напальчниками). Витирайте руки чистою ганчіркою, не використовуйте ганчір'я для витирання рук після протирання верстату (можна порізатися дрібною стружкою).

При збоях в електропостачанні або витоку оливо у терміновому порядку відключіть обладнання. Забороняється відкривати дверцята електричних шаф та захисні кожухи електрообладнання. У випадках будь-яких несправностей, повідомляйте майстру зміни або черговому по зміні.

До усунення неполадок у роботі верстату до роботи приступати заборонено. Тримайте своє робоче місце в чистоті, не захаращуйте його деталями і заготовками.

Після закінчення роботи вимкніть верстат і знеструмте його електричну частину рубильником. Приберіть стружку з верстата і біля нього спеціальними засобами, змастіть машинною оливою напрямні та обертові вали і черв'яки. Приберіть у встановлене місце ріжучий і вимірювальний інструмент.

Пам'ятайте, що всі травми є наслідком порушення вимог нормативних актів, інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки, а також особистої необережності (людського фактору).

Настільний свердлильний верстат 2М112.

Настільний свердлильний верстат 2М112 призначений для свердління отворів діаметром 0-12 мм в дрібних деталях з чавуну, сталі, кольорових сплавів і неметалічних матеріалів в умовах промислових підприємств, ремонтних і побутових майстерень.

На рис. 5.1 показаний настільний свердлильний верстат 2М112.

Комплектація і додаткове приладдя свердлильного верстату 1М112.

У стандарту комплектацію входить: зібраний верстат; патрон 16-В18; Керівництво з улаштування та експлуатації.

Додаткове приладдя, що дозволяє розширити його можливості: світильник; лещата; хрестовий стіл (використовується для точного координатного свердління або фрезерування); револьверна головка (для обробки серії деталей декількома інструментами; вузол охолодження свердла при свердлінні).



Рисунок 5.1 – Настільний свердлильний верстат 2М112

Технологічні операції на свердлильному верстаті 2М112.

Свердлильний верстат 2М112 дозволяє виконувати наступні операції: свердління; зенкерування; розгортання; розсвердлювання.

Нарізування різьби можливо тільки в наскрізних отворах, тому що реверс обертання шпинделя виробляється вручну – кнопкою на пульті управління.

Для нарізування різьблення в глухих отворах потрібно пристосування для зупинки мітчика в кінці отвору, наприклад, запобіжний патрон.

На рис. 5.2 показаний рух осьового інструменту при обробці отворів на різних операціях: свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання, нарізування різьби, цекування, зенкування.

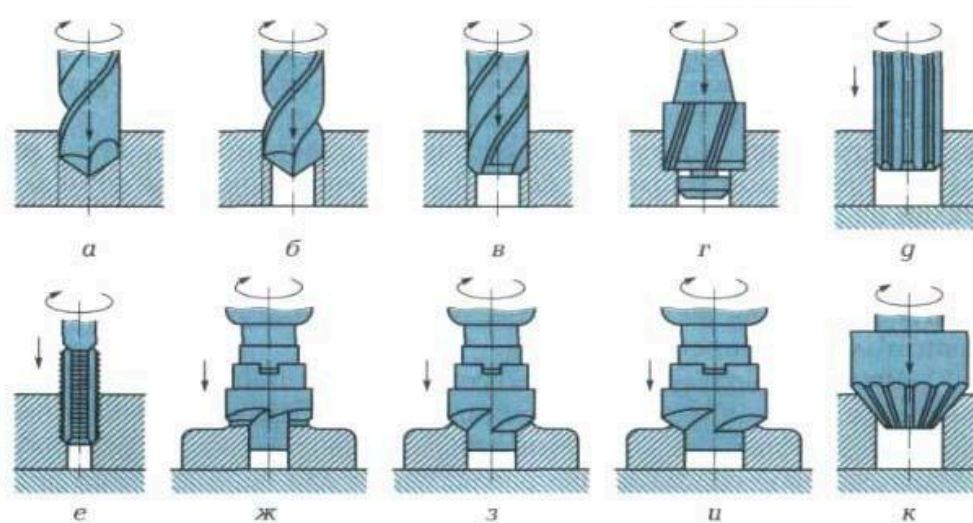


Рисунок 5.2 – Рух осьового інструменту при обробці отворів на різних операціях: *а* – свердління, *б* – розсвердлювання, *в, г* – зенкування, *д* – розгортання, *е* – нарізування різьби, *ж* – цекування, *з, и, к* – зенкування

На рис. 5.3 показаний настільний свердлильний верстат 2М112 з встановленими на столі лещатами.



Рисунок 5.3 – Настільний свердлильний верстат 2М112

з встановленими на столі лещатами

Принцип роботи та особливості конструкції верстату.

Відлік глибини свердління проводиться по плоскій шкалі або упору.

Оригінальна конструкція натягу пасової передачі дозволяє швидко міняти положення ременя на шківках для отримання потрібної швидкості різання.

Використання тумби для установки верстата дає можливість для свердління торців довгих деталей, наприклад валів. Діаметр вала – до сто двадцяти міліметрів, довжина – до тисячі міліметрів.

Шпиндель верстата 2М112 отримує п'ять швидкостей обертання від п'ятиступінчастих шківів приводу, що забезпечує вільний вибір швидкостей різання в діапазоні від 450 до 4500 об/хв.

Основні технічні характеристики

свердлильного настільного верстату 2М112.

Діаметр свердління: 3-12 мм.

Найбільша глибина свердління: 100 мм.

Найбільша висота оброблюваної деталі, встановленої на робочому столі: 400 мм.

Межі чисел оборотів шпинделя в хвилину – (5 ступенів) 450, 800, 1400, 2500, 4500 об/хв.

Потужність електродвигуна: 0,55 кВт.

Маса верстату: 120 кг

На рис. 5.4 наведено розташування складових частин верстата 1М112.

Управління верстатом.

Органи управління верстатом наведені на рис. 5.5:

1. Штурвал, три довгі рукоятки для ручної подачі шпинделя закріплені на порожнистій маточині, з пружиною всередині для запобігання самовільного опускання шпинделя;
2. Рукоятка натягу ременя після вибору швидкості шпинделя;

3. Рукоятка фіксації плити електродвигуна (подмоторної плити);
4. Рукоятка для обертання гайки переміщує шпindelьну бабку по колоні;
5. Рукоятка для фіксації шпindelьної бабки на колоні;
6. Кнопки управління електродвигуном.

Невелика кількість рукояток і кнопок настільного свердлильного верстата 2М112 свідчить про нескладності в налаштуванні і в роботі.

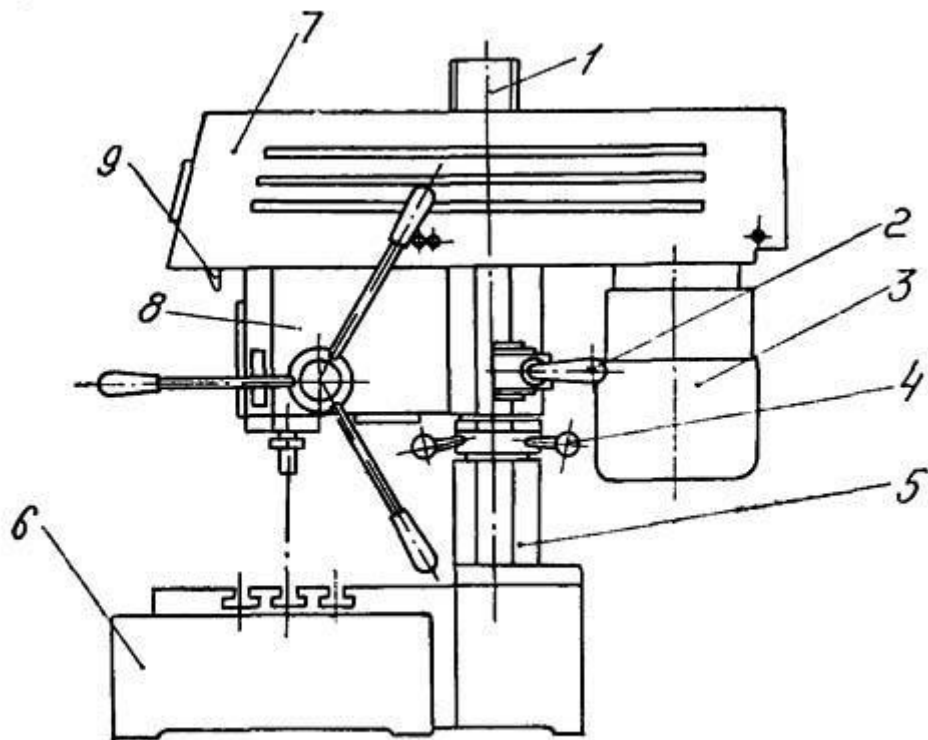


Рисунок 5.4 – Розташування складових частин верстата 1М112:

- 1 – колонка (кронштейн); 2 – затискач шпindelьної бабки; 3 – електродвигун;
 4 – механізм підйому шпindelьної бабки; 5 – кронштейн; 6 – плита;
 7 – кожух; 8 – шпindelьна бабка; 9 – механізм натягу ременя

Прийоми роботи на свердлильному верстаті.

На робочому столі верстата не повинно бути нічого зайвого. Спочатку потрібно оглянути верстат, перевірити його справність. Для цього, не включаючи верстат, вручну провертають його шпindelь і при цьому прислуховуються, чи немає сторонніх звуків у його механізмі. Тільки після цього натискають на кнопку

«Пуск» і в холостому режимі переконаються в нормальній роботі передачі. Потім натискають кнопку «Стоп». Заготовку із заздалегідь розміченим і накерненим центром майбутнього отвору закріплюють на столі верстата в машинних лещатах. Під час свердлення отворів малого діаметра заготовку можна закріплювати за допомогою ручних лещат, струбцин. Свердло вставляють в патрон і надійно закріплюють, ключ прибирають на місце його зберігання. Для перевірки правильності установки свердла, вручну повертають шпиндель за патрон. Якщо свердло встановлене в патроні правильно, його вістря при обертанні не описує коло. Якщо свердло встановлене з перекосом і спостерігається його «биття», то закріплення свердла виконують, контролюючи симетричність зведення кулачків у патроні, поступово повертаючи його і підтягуючи ключем. Потім, повертаючи штурвал подачі, опускають свердло і встановлюють лещата із заготовкою так, щоб kern збігся з вістрям свердла. Включають верстат й обережно підводять свердло до заготовки.

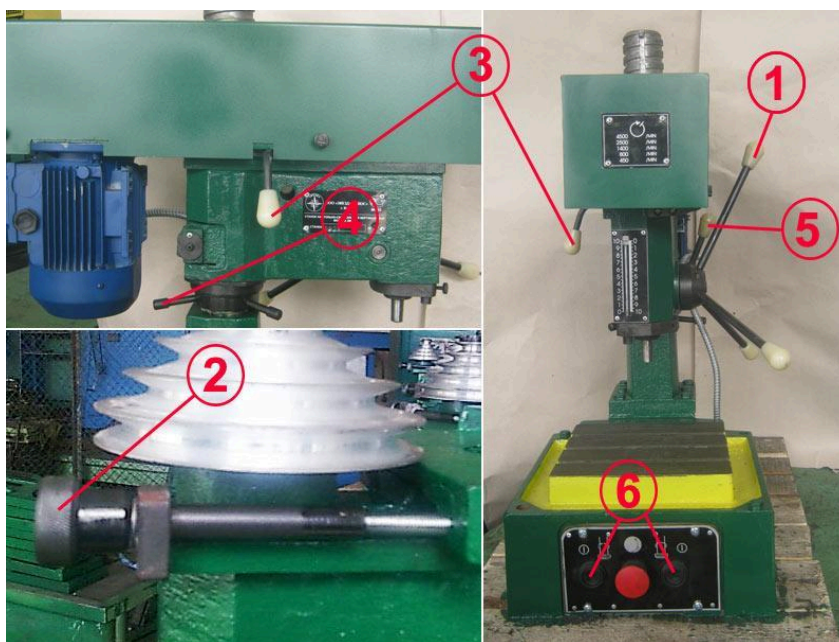


Рисунок 5.5 – Органи управління верстатом

Поступово, все більше натискаючи на ручку подачі, свердлять отвір. Для запобігання утворенню зливної (суцільної) стружки під час свердлення металевих

заготовок, слід періодично припиняти тиск на рукоятку штурвалу. У цей момент відбуватиметься обрив стружки.

У разі свердління наскрізних отворів, заготовку встановлюють на дерев'яний брусок, щоб не зламати свердло і не зіпсувати стіл верстату.

Під час свердління глибоких отворів у металі, треба час від часу виводити свердло з отвору й охолоджувати його, занурюючи в охолоджуючу рідину. Просвердливши отвір, потрібно, плавно повертаючи штурвал подачі, підняти шпиндель у крайнє верхнє положення і вимкнути верстат.

Фрезерний горизонтальний настільний верстат НГФ-110ШЗ.

На рис. 5.6 показаний горизонтальний консольно-фрезерний верстат настільного типу НГФ-110шЗ.



Рисунок 5.6 – Горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110шЗ

Горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110шЗ настільного типу призначений для виконання фрезерних операцій з обробки горизонтальних площин, пазів і інших поверхонь.

На рис. 5.7 показана будова верстату НГФ-110шЗ.

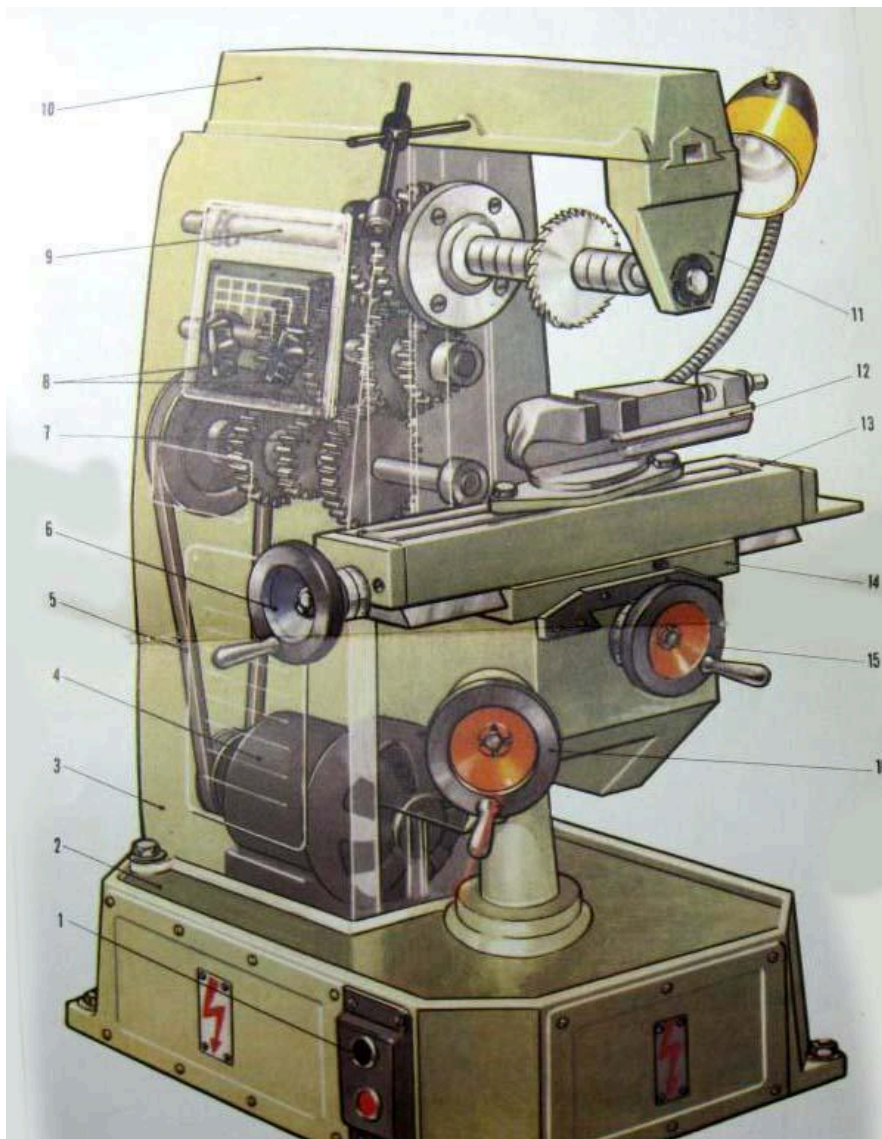


Рисунок 5.7 – Будова верстату НГФ-110шЗ:

- 1 – кнопкове управління; 2 – основа-станина; 3 – корпус стійки;
 4 – електродвигун; 5 – клиновий ремінь; 6 – маховик повздовжньої подачі;
 7 – зубчасті колеса коробки швидкостей; 8 – рукоятки установки швидкості
 обертання шпинделя; 9 – шпиндель з встановленою штангою; 10 – хобот;
 11 – серга; 12 – лещата; 13 – стіл; 14 – полозки; 15 – маховики
 поперечної і вертикальної подачі стола

Установка вертикально-фрезерної головки (ВФГ) дозволяє додатково виробляти обробку вертикальних площин, а також площин під кутом. Обробка площин проводиться дисковими, торцевими, кінцевими, кутовими і фасонними фрезами.

Стійка верстату НГФ-110ш3 з коробкою швидкостей.

Стійка є базовим вузлом, на якому монтується всі інші вузли і механізми верстату. Жорсткість конструкції стійки досягається за рахунок розвиненої підстави і трапецеидального перетину стійки по висоті.

Стійка розділена на два відсіки. У верхньому відсіку монтується коробка швидкостей, в нижньому – електродвигун.

Трехваловая шестишвидкісна коробка швидкостей змонтована у верхній частині корпусу стійки і забезпечує регулювання частоти обертання шпинделя від 100 до 1000 об/хв. Підбір необхідної частоти обертання здійснюється за допомогою важелів перемикавання, розташованих з лівого боку верстату.

На рис. 5.8 наведена коробка швидкостей.

Для огляду коробки швидкостей необхідно зняти бічну кришку.

Шпиндель ставка являє собою двохопорний порожнистий вал.

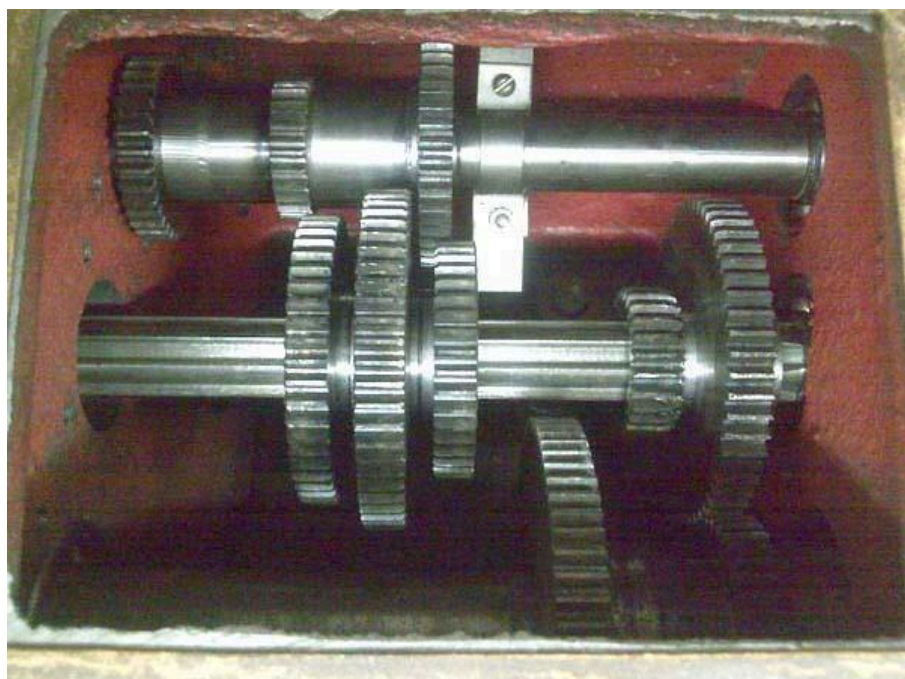


Рисунок 5.8 – Коробка швидкостей верстата НГФ-110шЗ

Контрольні питання.

1. Які способи одержання отворів у тонкому листовому металі Ви знаєте?
2. З яких основних частин складається свердлильний верстат 1М112?
3. Яке призначення кожної з основних частин свердлильного верстату?
4. Поясніть, чому свердлильний верстат є робочою (технологічною) машиною.
5. Назвіть різальний інструмент, який використовують під час роботи на свердлильному верстаті.
6. Назвіть основні небезпеки під час роботи на свердлильному верстаті.
7. Укажіть основні етапи роботи на свердлильному верстаті.
8. Назвіть основні небезпеки під час роботи на горизонтальному консольно-фрезерному верстаті.
9. З яких основних частин складається горизонтальний консольно-фрезерний верстат НГФ-110шЗ?
10. Яке призначення кожної з основних частин горизонтального консольно-фрезерного верстату НГФ-110шЗ?
11. Назвіть різальний інструмент, який використовують під час роботи на фрезерному верстаті.
12. Які способи обробки канавок Ви знаєте?

Тестові завдання.

Оберіть із трьох варіантів найбільш повну правильну відповідь.

1. Що є передавальним механізмом головного руху в свердлильному верстаті?
А) Пасова передача. Б) Рейкова передача. В) Зубчата передача.
2. Який з наведених нижче пунктів є відображенням руху подачі свердлильного верстата?
А) Поступальний хід інструмента. Б) Поступальний і обертальний хід інструмента. В) Обертальний рух заготовки або інструмента.
3. Який рух здійснює під час роботи свердло свердлильного верстата?

А) Поступальний. Б) Поступальний і обертальний. В) Обертальний.

ВИСНОВКИ

В методичних вказівках до практичних занять з дисципліни «Металорізальні верстати та системи» наведені теми практичних занять, цілі та завдання, зміст заняття, теоретичні відомості.

У практичних заняттях № 1-4 приведені приклади вирішення завдань згідно темам.

У практичному занятті № 5 (робота з металорізальним обладнанням) розглянута техніка безпеки при роботі на верстатах.

В кінці кожної теми дані контрольні питання, по яким проводиться опитування студентів.

В кінці методичних вказівок приведена рекомендована література.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бочков В. М. Металорізальні верстати: Навч. Посібник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 268 с.
2. Шевченко О. В. Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник / О. В. Шевченко, А. Ю. Беляєва. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 86 с.
3. Завистовский С. Э. Металлорежущие станки / С. Э. Завистовский. Минск: РИПО, 2015. 440 с.
4. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О. Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
5. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А. Г. Схиртладзе и др. Под ред. Н. М. Капустина. Москва: Высшая школа, 2004. 415 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Максимально допустимі значення характеристик груп передач

Знаменник ряду		1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
Прямозубі колеса	p=2	36	18	9	6	4	3	3
	p=3	18	9	4	3	2	1	1
	p=4	12	6	3	2	1	1	1
Косозубі колеса	p=2	40	20	10	6	5	4	3
	p=3	20	10	5	3	2	2	1
	p=4	12	6	3	3	1	1	1

Таблиця А.2 – Максимально допустима кількість інтервалів між початковою та кінцевою точками променів, які відображують передачі на графіку частот обертання (ГЧО)

Знаменник ряду			1,0 6	1,1 2	1,2 6	1,4 1	1,5 8	1,7 8	2
Допустимі відхилення променя для передач у інтервалах ГЧО	Зменьшуючих	Прямозубі та косозубі	24	12	6	4	3	2,4	2
		Прямозубі	12	6	3	2	1,5	1,2	1
	Збільшуючих	Косозубі	16	8	4	2,7	2	1,8	1,6

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни «Металорізальні верстати та системи»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 015 «Професійна освіта. Машинобудування»

Укладач:

Алтухов В'ячеслав Миколайович

Оригінал-макет

В. М. Алтухов

Підписано до друку _____

Формат 60x841/16. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. _____. Облік. видавн. арк. ____

Тираж ____ екз. Вид. № _____. Замовл. № _____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Сєвєродонецьк, просп. Центральний, 59-а.

Телефон: +38 (050) 218 04 78, факс (06452) 4 03 42

E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com