

**Кирилович В.А.
Крижанівська І.В.**

**ОБЛАДНАННЯ,
ТЕХНОЛОГІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ
ДИСКРЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Навчально-методичний посібник.

Частина І.

Автоматизоване виробниче обладнання

Міністерство освіти та науки України
Державний університет “Житомирська політехніка”

Кирилович В.А.
Крижанівська І.В.

**Обладнання,
технологія та автоматизація дискретного виробництва**

Частина І.

Автоматизоване виробниче обладнання

Навчально-методичний посібник
для виконання лабораторних робіт з курсу
“Обладнання,
технологія та автоматизація дискретного виробництва”
Частина І
для студентів всіх форм навчання
напряму підготовки
151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Житомир
Видавець Євенок О.О.
2021

УДК 658.52.011.56: 658.512.4

*Друкується за рішенням Вченої Ради
Державного університету “Житомирська політехніка”
протокол №5 від 24.02.2021р.*

Рецензенти:

Пасічник В.А. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Інтегровані технології машинобудування” Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Полонський Л.Г. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Технології машинобудування та комп’ютерно-інтегровані технології” Державного університету “Житомирська політехніка”

Грабар І.Г. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Процеси, машини і обладнання” Житомирського державного агроєкологічного університету .

0 XX Кирилович В.А., Крижанівська І.В. Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва. Частина I. Автоматизоване виробниче обладнання: навчально-методичний посібник для виконання лабораторних робіт з курсу “Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва” для студентів всіх форм навчання напряму підготовки 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / В.А Кирилович, І.В. Крижанівська - Житомир: Державний університет “Житомирська політехніка”, видавець О.О. Євенок 2021. – 85 с.

ISBN XXXXXXXXX

В даному навчально-методичному посібнику викладено методичні вказівки щодо виконання комплексу лабораторних робіт, в основу яких на прикладі металорізальних верстатів з ЧПУ та напівавтоматів покладено основні положення щодо побудови та аналізу кінематичних ланцюгів різної складності та структури, представлено один із найпростіших підходів щодо конструктивного та структурного їх аналізу, а також математичного моделювання (формалізованого опису) маніпуляційних систем одноруких односхватих стаціонарних промислових робіт. Вказані види технологічного обладнання є типовими складовими сучасних виробничих технологічних структур гнучких виробництв, наприклад, гнучких виробничих комірок машино-та приладобудування.

Технологічне обладнання, що вивчається при виконанні даних лабораторних робіт, використовується в наступній частині лабораторного комплексу даної навчальної дисципліни при його (обладнанні) програмуванні.

Використання розроблених матеріалів є необхідною складовою підготовки бакалаврів, написання та захисту дипломної роботи бакалавра.

УДК 658.52.011.56: 658.512.4

ISBN XXXXXXXXX

В.А. Кирилович 2020
І.В. Крижанівська 2020

Зміст

Перелік прийнятих скорочень	6
Вступ	7

Лабораторна робота №1

Складання з натури кінематичної схеми коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20Ф3РМ132 з ОС ЧПУ 2Р22	9
1.1. Теоретичні відомості	9
1.1.1. Експериментальне визначення модулів зубчастих коліс та частот їх обертання	9
1.1.2. Елементи кінематичного аналізу коробки швидкостей	10
1.1.2.1. Побудова структурної сітки	11
1.1.2.2. Побудова графіка частот обертання шпинделя	16
1.2. Обладнання та інструменти	17
1.3. Порядок виконання роботи	17
1.4. Зміст звіту	24
1.5. Контрольні запитання	24

Лабораторна робота №2

Основні вузли, принцип роботи та кінематичний аналіз приводу головного руху токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф3О з ОС ЧПУ “Електроніка НЦ-31”	25
2.1. Теоретичні відомості	2
2.1.1. Побудова, призначення та характеристика верстата	2
2.1.2. Кінематична схема приводу головного руху верстата мод. 1В340Ф3О	2
2.1.3. Кінематичний аналіз приводу головного руху	2
2.3. Зміст звіту	2
2.4. Контрольні запитання	2

Лабораторна робота №3

Налагодження зубофрезерного напівавтомата моделі 5К32А для нарізання циліндричних зубчастих коліс	3
3.1. Теоретичні відомості	3
3.1.1. Загальні відомості	3
3.1.2. Основні технічні характеристики зубофрезерного напівавтомата мод. 5К32А	3
3.1.3. Основні вузли та органи управління верстата мод. 5К32А	3
3.1.4. Включення верстата в роботу	3

3.1.5. Налаштування зубофрезерного напівавтомата мод.5К32А	3
3.1.5.1. Зміст налаштування	3
3.1.5.2. Налаштування гітари швидкостей (обертання фрези).....	3
3.1.5.3. Налаштування гітари поділу	3
3.1.5.4. Налаштування гітари вертикальної подачі	3
3.1.6. Способи підбору чисел зубів змінних зубчастих коліс	3
3.1.6.1. Спосіб комбінування множників	3
3.1.6.2. Наближений підбір змінних коліс	3
3.1.6.3. Спосіб зміни чисел, що часто зустрічаються, наближеними дробами	3
3.2.Порядок виконання роботи	3
3.3. Індивідуальні завдання	3
3.4.Зміст звіту	3
3.5.Контрольні запитання	3

Лабораторна робота №4

Визначення компоновальних схем модулів ступенів рухомості маніпуляторів промислових роботів та формалізація їх технологічних можливостей	4
4.1.Теоретичні відомості	4
4.1.1. Модулі з основною та допоміжною циліндричними напряжними.....	4
4.1.2. Модулі з декількома однаковими циліндричними напряжними	4
4.1.3. Модулі з основною циліндричною напряжною, рухомою відносно допоміжної	4
4.1.4. Модулі з основною циліндричною та допоміжною призматичною напряжними	4
4.1.5. Модулі з призматичними напряжними	4
4.1.6. Модулі з шарнірно-важільними механізмами поступального пе- реміщення	4
4.1.7. Модулі обертальних ступенів рухомості	4
4.1.8.Формалізація маніпуляційних систем ПР	4
4.2. Порядок виконання роботи	4
4.3. Зміст звіту	4
4.4. Контрольні запитання	4
Використані інформаційні джерела	4
Додаток А. Титульний аркуш	4

Перелік прийнятих скорочень

АКШ – автоматична коробка швидкостей
ГВК – гнучка виробнича комірка
ЗП – затискний пристрій
МС – маніпуляційна системи
ОКН – оператор координатного напрямку
ОМ – об'єкт маніпулювання
ПКС – просторово-кінематична структура
ПР – промисловий робот
РТК – робототехнічний комплекс
СК – система координат
Сх – схват
УК – узагальнена координата
УП – упоавляюча програма
ЧПУ – числове програмне управління

ВСТУП

Широке впровадження автоматичних та автоматизованих машин та обладнання із вбудованими засобами мікропроцесорної техніки, оброблювальних центрів та багатоопераційних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), промислових роботів (ПР), робототехнічних комплексів (РТК) з їх периферійними пристроями та засобами є основною рисою сучасного виробництва. Знання вказаних видів високоавтоматизованого обладнання є необхідним фактором підготовки бакалаврів та спеціалістів, що навчаються за спеціальністю “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Даний навчально-методичний посібник призначений сприяти вивченню дисципліни “Обладнання, технології та автоматизація дискретного виробництва”, зміст якої базується на потенційних промислових особливостях Житомирського регіону, характерною рисою якого, зокрема, є розвиток приладо- та машинобудування. Тому змістовно запропонований комплекс лабораторних робіт (у зв’язку з неможливістю охопити всі різновиди існуючого в регіоні автоматизованого обладнання) охоплює вивчення тих чи інших аспектів тільки металорізального автоматизованого обладнання – верстатів з ЧПУ (лабораторні роботи №1, 2), верстатів напівавтоматів (робота №3) та промислових роботів – ПР (робота №4).

Мета виконання лабораторних робіт – поглибити теоретичні знання студентів за рахунок практичного вивчення конструктивних особливостей автоматизованого технологічного обладнання, що визначають технологічні можливості останнього.

Так, зміст лабораторної роботи №1 передбачає складання кінематичної схеми приводу головного руху токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20Ф3РМ132. Це дає змогу засвоїти навички практичних замірів геометричних елементів зубчатих коліс коробки швидкостей безпосередньо з натури, аналізувати структурні елементи та сутність комбінованого регулювання частоти обертання шпинделя верстата, що визначає один із показників технологічних можливостей даного типу обладнання.

Аналізу приводу головного руху іншого представника автоматизованого металорізального обладнання – токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф30 – присвячена лабораторна робота № 2. Зміст її виконання дає змогу на практиці проілюструвати сутність дискретного регулювання частоти обертання шпинделя та виконати відповідні розрахунки, що визначають його (верстата) технологічні можливості.

Якщо автоматизоване обладнання, що вивчається при виконанні лабораторних робіт № 1, 2, є характерними технологічними засобами гнучкої автоматизації і застосовується в умовах серійного типу вироб-

ництва, то зубофрезерний напівавтомат мод. 5K32A є типовим представником технологічних засобів жорсткої автоматизації і застосовується в умовах великосерійного та масового типів виробництва.

Вивченню сутності налагодження на нарізання прямозубних циліндричних коліс зубофрезерного напівавтомата вказаної моделі присвячена лабораторна робота № 3. Її виконання дає змогу на основі аналізу конструкції та кінематичної схеми верстата в цілому аналізувати його окремі кінематичні ланцюги, розглядати відповідні гітари як органи настроювання і отримувати практичні навички їх налагодження.

На відміну від згаданих типів автоматизованого обладнання, що виступають при виконанні на них технологічних процесів (ТП) як основне технологічне обладнання, промислові роботи (ПР) можуть виконувати функції як основного, так і допоміжного технологічного обладнання і виступають універсальними засобами гнучкої автоматизації, що є характерною ознакою багатоменклатурного дрібно- та середньосерійного типів виробництва. Вивченню компонувань окремих типових модулів різноманітних конструкцій маніпуляційних систем (МС) ПР та набуттю навичок формалізації їх технологічних можливостей, що є фактично складання математичних моделей МС ПР, присвячена лабораторна робота № 4.

Характерною особливістю пропонованого комплексу лабораторних робіт є можливість та необхідність використання даних одиниць та типів технологічного обладнання при вивченні наступної за навчальним планом частини дисципліни “Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва” щодо програмування цього та іншого технологічного обладнання. Зокрема, виконання курсового проекту з цієї дисципліни передбачає можливе використання вказаного обладнання, вивченню конструктивно-технологічних властивостей якого сприяє даний навчально-методичний посібник.

Лабораторна робота № 1

СКЛАДАННЯ З НАТУРИ КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16K20ФЗРМ132 З ОС ЧПУ 2P22

Мета роботи - отримати практичні навички у складанні кінематичних схем приводів окремих вузлів металорізальних верстатів та засвоїти графоаналітичний метод їх кінематичного розрахунку.

1.1. Теоретичні відомості

1.1.1. Експериментальне визначення модулів зубчатих коліс та частот їх обертання

Модулі зубчатих коліс m можна визначити за наступними формулами:

$$m = P / \pi; \quad (1.1)$$

$$m = h / 2,25; \quad (1.2)$$

$$m = D_a / (z+2). \quad (1.3)$$

де: P – крок зубчастого зачіплення, мм;
 z – кількість зубів зубчатого колеса;
 h – висота зуба зубчатого колеса, мм.

Зовнішні діаметри зубчатих коліс D_a вимірюють штангенциркулем або кронциркулем.

Наприклад:

При $z = 40$ $D_a = 125,5$ мм.

Тоді $m = 125,5 / (40 + 2) = 2,98$ мм, заокруглюємо до $m = 3$ мм.

При $z = 45$ $D_a = 141,4$ мм.

Тоді $m = 141,4 / (45 + 2) = 3,009$ мм, заокруглюємо до $m = 3$ мм.

Частота обертання шпинделя визначається за рівнянням кінематичного балансу головного руху:

$$n_{дв} \cdot i_{п.п.} \cdot 0,985i_{к.ш.} = n_{шп}, \quad (1.4)$$

де $n_{дв}$ – частота обертання ротора електродвигуна, $хв^{-1}$;

$i_{п.п.}$ – передатне відношення поліклінової пасової передачі;

$i_{к.ш.}$ – загальне передаточне відношення коробки швидкостей;

$n_{дв} \cdot i_{п.п.} \cdot 0,985 = C$ - частота обертання вала I коробки швидкостей.

Ця величина для кожного верстата, що має пасову передачу, стала для кожної сталої швидкості частоти обертання робора двигуна.

Наприклад, для зубофрезного верстата, зображеного на рис. 1.1, маємо:

$$C = 1440 \cdot \frac{140}{320} \cdot 0,985 = 620 \text{ (хв}^{-1}\text{)};$$

$$n_{шп\max} = C \cdot i_{к.ш.\max} = 620 \cdot \frac{37}{47} \cdot \frac{27}{68} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{16}{64} = 48,36 \text{ (хв}^{-1}\text{)} [50];$$

$$n_{шп\max} = C \cdot i_{к.ш.\max} = 620 \cdot \frac{47}{37} \cdot \frac{58}{37} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{16}{64} = 310 \text{ (хв}^{-1}\text{)} [315].$$

Тут в квадратних дужках [...] вказані стандартні значення частот обертання шпинделя.

1.1.2. Елементи кінематичного аналізу коробки швидкостей

Побудова графіка частот обертання всіх валів привода головного руху, включаючи вал шпинделя, базується на кінематичному розрахунку коробки швидкостей. Для цього використовують частіше за все графоаналітичний метод, що дозволяє швидко знаходити найкращі варіанти розв'язку задачі.

Графоаналітичний метод кінематичного розрахунку коробки швидкостей складається з двох етапів:

- побудова структурної сітки;
- побудова графіка частот обертання.

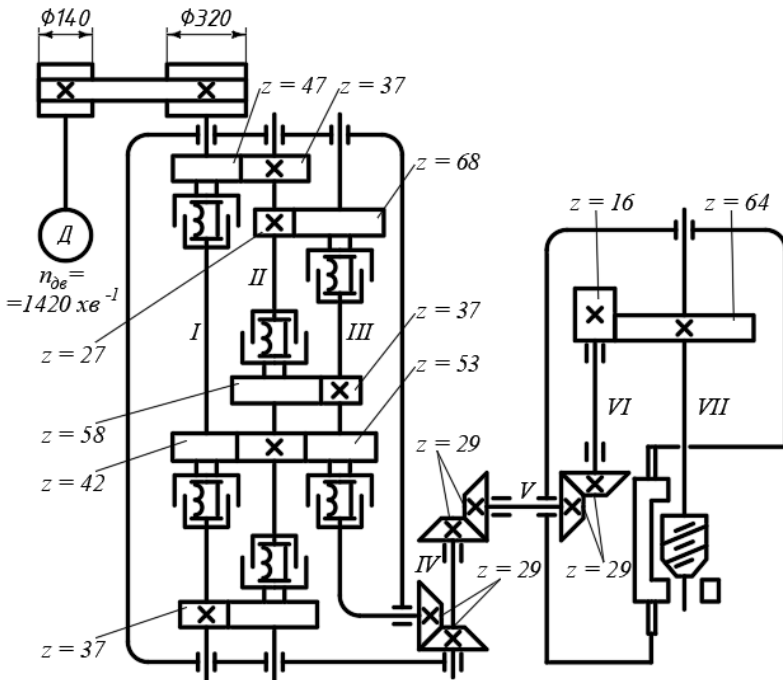


Рис. 1.1 Кінематична схема коробки швидкостей зубофрезерного верстата (приклад)

1.1.2.1. Побудова структурної сітки

Кількість ступенів z частоти обертання шпинделя при налагоджуванні послідовно увімкненими груповими передачами дорівнює добутку кількості груп передач P_i :

$$z = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_i \cdot \dots \cdot P_n,$$

Для коробки швидкостей, зображеної на рис. 1.2, а, маємо

$$z = 4 \cdot 2 = 8;$$

$$z = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8.$$

Кінцева формула запишеться наступним чином (рис. 1.2, б):

$$z = P_1(x_0) \cdot P_2(x_1),$$

де: P_1 та P_2 – кількість передач відповідно першої та другої групи, тобто відповідно між валами I та II, I та III;

x_0 та x_1 – кількість передач в кожній групі;

$x_0=1$ – основна група передач;

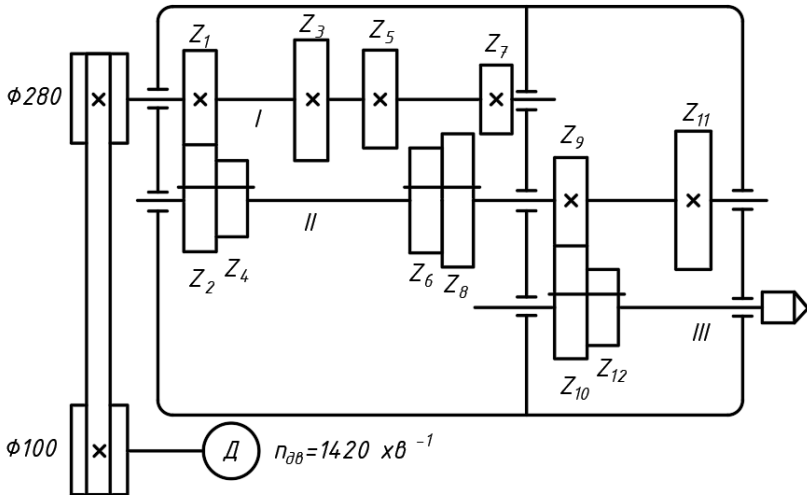
x_1 – перша переборна група передач.

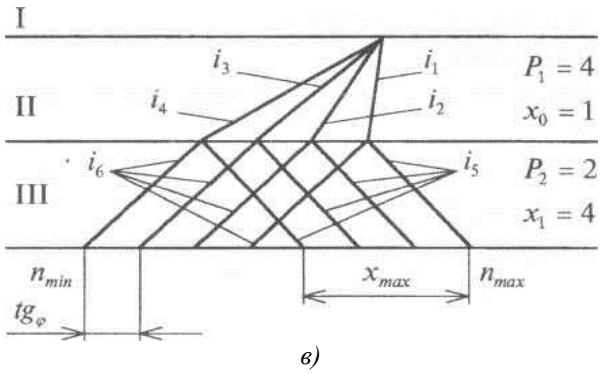
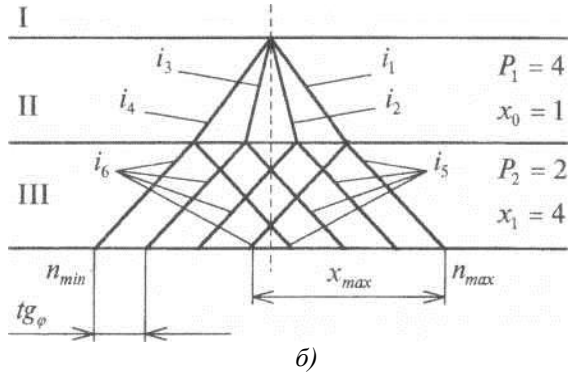
Якщо коробка швидкостей (структурна сітка) має дві та більше переборні групи, то

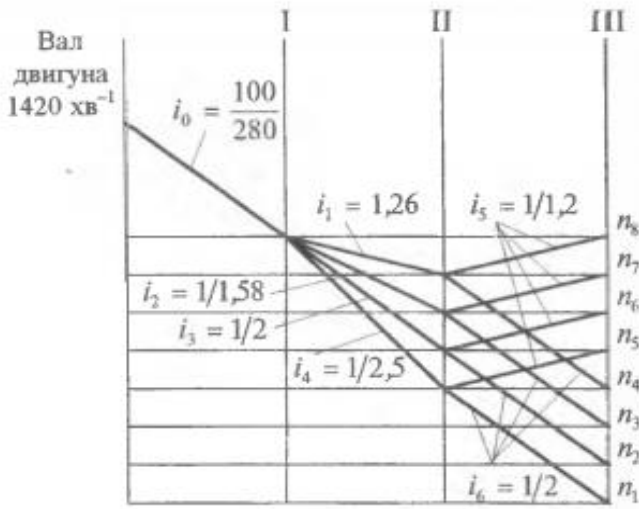
$$x_2 = P_1 \cdot P_2,$$

$$x_3 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

і т.д.







з)

Рис. 1.2 а – кінематична схема коробки швидкостей;
 б, в – структурні сітки коробки;
 г – графік частот обертання валів

При конструюванні коробок швидкостей, що мають два вали і більше, із зміною ступенів n за законом геометричної прогресії відношення передатних відношень замінюють відношеннями ϕ з різними ступенями x , тобто

$$i_1 : i_2 : i_3 : \dots : i_p = i : \phi^x : \phi^{2x} : \dots : \phi^{(p-1)x},$$

де: x – ціле число, що називається характеристикою групи передач.

Для запобігання надзвичайно великих діаметрів зубчатих коліс та габаритних розмірів коробки швидкостей встановлені наступні передатні відношення між двома послідовно з'єднаними валами:

$$\frac{1}{4} \leq i \leq 2.$$

Звідси знаходиться найбільший діапазон регулювання передатного відношення групової передачі:

$$(\mathbf{D}_{i_{\max}})_{\text{гран}} = \left(\frac{i_{\max}}{i_{\min}} \right)_{\text{гран}} = \frac{2}{\frac{1}{4}} \leq 8.$$

Тепер розглянемо діапазон регулювання передатних відношень групових передач між валами (рис. 1.2, б):

*між валами I – II:

$$\mathbf{D}i_{\max} = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{i_1}{i_2} = \varphi^{(P_1-1)x_n} = \varphi^{(4-1)1} = \varphi^3.$$

Для коробки швидкостей універсального верстата $\varphi = 1,26$, тому

$$\mathbf{D}i_{\max} = \varphi^3 = (1,26)^3 = 2.$$

Якщо прийняти, що

$$i_{\max} = i_1 = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26},$$

тоді

$$i_{\min} = i_4 = \frac{i_{\max}}{\mathbf{D}i_{\max}} = \frac{\frac{1}{\varphi}}{4^3} = \frac{1}{4^4} = \frac{1}{256}.$$

Проміжні значення передатних відношень (див. Рис.1.2.б, в):

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,58}; \quad i_3 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{2};$$

* між валами II – III:

$$\mathbf{D}i_{\max} = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{i_5}{i_6} = \varphi^{(P_2-1)x_0} \varphi^{(2-1)4} = \varphi^4 = (1,26)^4 = 2,5.$$

Приймемо, наприклад, $i_{\max} = i_5 = \varphi = 1,26$, тоді

$$i_{\min} = i_6 = \frac{i_{\max}}{\mathbf{D}i_{\min}} = \frac{\varphi}{\varphi^4} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{2}.$$

Значення показників ступеня для φ залежить від заданої мінімальної та максимальної частоти обертання шпинделя, частоти обертання якоря електродвигуна та кількості ступенів частот обертання шпинделя.

Маючи значення передатних відношень, структурна сітка коробки коробки швидкостей буде мати вигляд, що зображений на рис. 1.2, в.

1.1.2.2. Побудова графіка частот обертання шпинделя

Графік частот обертання вихідного вала будь-якої кінематичної структури, наприклад, привода головного руху, будують за наступною послідовністю дій:

1. На однаковій відстані одна від одної проводять вертикальні лінії, кількість яких дорівнює кількості валів коробки швидкостей, додаючи вал електродвигуна (якщо має місце проміжна передача між двигуном та коробкою).

2. На відстані, яка дорівнює $1g \varphi$, проводять горизонтальні лінії (по кількості частот обертання), яким надають (знизу вгору) порядкові номери частот обертання від n_{\min} до n_{\max} (для даного прикладу від n_1 до n_8). Промені, що проведені між вертикальними лініями, позначають передачу між двома валами з відповідними передатними відношеннями, які визначені раніше.

3. За знайденими передатними відношеннями визначають кількість зубів зубчатих коліс.

В верстатобудуванні міжосьові відстані, суми кількостей зубів спряжених коліс, кількість зубів зубчастих коліс та їх модулі нормалізовані.

Наприклад, модулі m мають наступні нормалізовані значення:

$$m = (\dots; 2,0; 2,25; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; \dots) \text{ мм.}$$

При постійній відстані між осями ведучого та веденого валів та однаковому модулі коліс групи передач сума зубців кожної пари зубчастих коліс є величиною сталою, тобто:

$$\begin{aligned} \sum z &= z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = z_7 + z_8 = \\ &= z_9 + z_{10} = z_{11} + z_{12} = \text{const.} \end{aligned}$$

Передатні відношення пар зубчастих коліс, які можуть знаходитись в зачіпленні при переключенні блоків зубчатих коліс в коробці швидкостей (див.рис. 1.2, а), визначаються наступним чином:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{1,26}; \quad i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{1,58}; \quad i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{2},$$

$$i_4 = \frac{z_7}{8} = \frac{1}{2,5}; \quad i_5 = \frac{z_9}{z_{10}} = 1,26; \quad i_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{1}{2}.$$

4. Якщо прийняти $\sum z = 72$, то можна визначити всі кількості зубів зубчастих коліс.

5. Аналогічним чином будується графік частот обертання шпинделя при безступеневому регулюванні частоти його обертання. При цьому враховуються найменша $n_{дв\min}$ та найбільша $n_{дв\max}$ частоти обертання ротора електродвигуна. Саме такий випадок має місце при виконанні лабораторної роботи 1.

1.2. Обладнання та інструменти

1. Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20ФЗРМ132.
2. Штангенциркуль з межами вимірювання 0 – 250 мм.
3. Штангенциркуль з межами вимірювання 0 -125 мм з глибиноміром.

1.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з правилами техніки безпеки.
2. Вимкнути живлення верстата. Зняти огороження, кожухи, відкрити кришку для доступу до привода головного руху.
3. Ознайомитись з будовою коробки швидкостей, визначити призначення та принцип дії кожного механізму.
4. Прослідкувати шляхи руху передачі руху від електродвигуна до шпинделя коробки швидкостей.
5. Визначити механізми, за допомогою яких змінюються частоти обертання шпинделя.
6. Уважно роздивитись та визначити тип, будову та розташування опор всіх валів.
7. Користуючись умовними зображеннями елементів кінематичних ланцюгів (табл. 1.1), послідовно (на шляху передачі руху від двигуна до шпинделя) скласти ескізу кінематичну схему коробки швидкостей, витримуючи співвідношення розмірів деталей в приблизному масштабі, тобто зберігаючи пропорцію деталей. Вказати характер посадок на вали шківів, зубчастих коліс, муфт, гальм та інших деталей. Взаємно розташувати вали на схемі так, щоб існуючі на верстаті варіанти зачіплень зубчастих коліс були зображені ясно та чітко.
8. Зобразити на схемі опори валів, показати відповідними умовними позначеннями типи підшипників, що підтримують кожний з кінців валів.

9. Послідовно, починаючи від джерела руху, визначити параметри кінематичних ланцюгів кожної кінематичної пари: діаметри шківів, кількість зубів та діаметри зубчатих коліс.

10. Визначити модулі зубчатих коліс із занесенням результатів розрахунків до табл. 1.2.


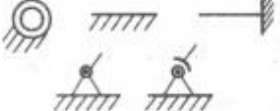

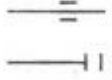

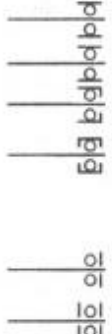
11. Визначити всі частоти обертання шпинделя при граничних значеннях частот обертання двигуна головного руху. Результати занести до табл. 1.3.

13. Побудувати графік частот обертання шпинделя.


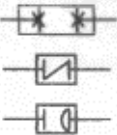
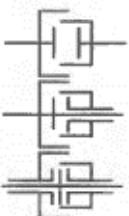
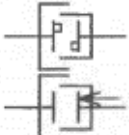


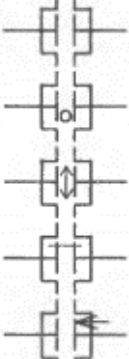
14. Оформити звіт по роботі.


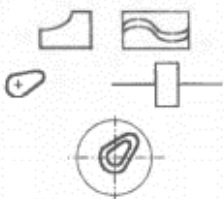
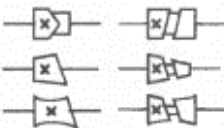
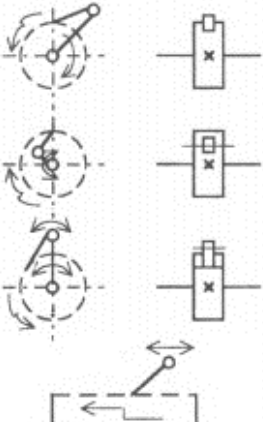
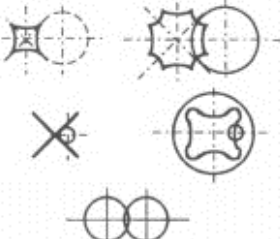
Таблиця 1.1







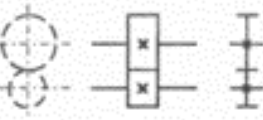



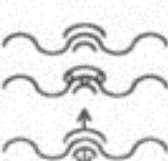


Умовні зображення елементів кінематичних ланцюгів

№	Найменування	Умовне позначення
1.	Вал, вісь, стержень, шатун тощо.	
2.	Нерухома ланка (стійка). Для зазначення нерухомості будь-якої ланки частина його контуру покривається штрихуванням	
3.	Нерухоме з'єднання деталі з валом, стержнем	
4.	Підшипники ковзання та кочення на валу (без уточнення типу): – радіальні – упорні	
5.	Підшипники ковзання: – радіальні – радіально-упорні: • односторонні • двосторонні – упорні: • односторонні • двосторонні	
6.	Підшипники кочення: – радіальні – радіально-упорні: • односторонні • двосторонні – упорні: • односторонні • двосторонні	


Продовження табл.1.1

7.	Муфта. Загальне позначення без уточнення типу	
8.	Муфта незчіпна (некерована): - глуха - пружна - компенсуюча	
9.	Муфта зчіпна (керована): - загальне позначення - одностороння - двостороння	
10.	Муфта зчіпна механічна: - синхронно-зубчата - асинхронна, фрикційна	
11.	Муфта зчіпна електрична	
12.	Муфта зчіпна гідравлічна або пневматична	
13.	Муфта автоматична (самодіюча): - загальне позначення - обгінна (вільного ходу) - центробіжна фрикційна запобіжна - з елементом, що руйнується - з елементом, що не руйнується	

14.	Гальмо. Загальне позначення без уточнення типу	
15.	Кулачки плоскі: - повздовжнього переміщення - що обертаються - пазові, що обертаються	
16.	Кулачки барабанні: - циліндричні - конічні - криволінійні	
17.	Храпові зубчаті механізми: - із зовнішнім зачіпленням односторонні - із внутрішнім зачіпленням односторонні - із зовнішнім зачіпленням двосторонні - з рейковим зачіпленням	
18.	Мальтійські механізми з радіальним розташуванням пазів в мальтійському хресті: - із зовнішнім зачіпленням - із внутрішнім зачіпленням - загальне позначення	

19.	Шків струпінчастий, закріпленний на валу	
20.	Передача ремнем (пасом):	
	– без уточнення типу ремня	
	– плоским	
	– клиновидним	
	– круглим	
	– зубчатим	
21.	Передача ланцюгом. Загальне позначення без уточнення типу ланцюга	
22.	Передача зубчата (циліндрична). Зовнішнє зачіплення (загальне позначення без врахування типу зубів)	
23.	Передача зубчата з валами, що перетинаються, та конічна. Загальне позначення без врахування типу зубів	
24.	Передача черв'ячна з циліндричним черв'яком	
25.	Гвинт, що передає рух	
26.	Гайка на гвинті, що передає рух:	
	– нероз'ємна	
	– нероз'ємна з шариками	
	– роз'ємна	

Закінчення табл. 1.1

27. Передача зубчата рейкова. Загальне позначення без уточнення типу зубів.	
---	---

Таблиця 1.2

Розрахунок модулів зубчатих коліс

Позначення	Кількість зубів, z , шт	Зовнішній діаметр, D_a , мм	Модуль зачіплення m , мм, розрахований за формулами				Остаточний прийнятий модуль m , мм
			1.2	прийнятий	1.3	прийнятий	

Таблиця 1.3

Розрахунок частот обертання шпинделя

Частота обертання двигуна, $n_{дв\min}$, $хв^{-1}$	Частота обертання шпинделя, $n_{шп}$, $хв^{-1}$	Частота обертання двигуна $n_{дв\max}$, $хв^{-1}$	Частота обертання шпинделя $n_{шп}$, $хв^{-1}$

Таблиця 1.4

Порівняння розрахункових та фактичних (дійсних) інтервалів та діапазонів частот обертання шпинделя

№ з/п	Інтервали частот обертання		Діапазони частот обертання	
	Розрахункові	Фактичні	Розрахункові	Фактичні

1.4. Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Перелік матеріального забезпечення та основні характеристики його складових.
3. Короткі теоретичні відомості про методи визначення модулів зубчатих коліс, ряду частот обертання шпинделя, послідоаність побудови структурної сітки та графіку частот обертання шпинделя.
4. Результати замірів та підрахунків у вигляді табл. 1.2 та табл. 1.3.
5. Графік частот обертання валів коробки швидкостей.
6. Розрахункові та фактичні інтервали та діапазони обертання шпинделя та порівняння їх з фактичними. Результати занести у табл. 1.4.
7. Короткі висновки.

1.5. Контрольні запитання

1. Формули для експериментального визначення основних геометричних характеристик зубчастих коліс.
2. Послідовність побудови структурної сітки.
3. Послідовність побудови графіка частот обертання вихідного валу коробки швидкостей.
4. Формули визначення передатних відношень на графіка частот обертання валів привода головног руху налізованого серстата.
5. Особливості побудови графіка частот обертання вихідного вала коробки при плавному (безступеневому) регулювані обертання вала електродвигуна.