

Методичні вказівки

до лабораторних робіт з дисципліни “Металообробне обладнання” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи”, “Обладнання та транспорт механообробних цехів” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” за освітньою програмою “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та приводи” для студентів спеціальності 134 “Авіаційна та ракетно-космічна техніка” за освітньою програмою “Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок”

(Частина перша)

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Металообробне обладнання” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи”, “Обладнання та транспорт механообробних цехів” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” за освітньою програмою “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та приводи” для студентів спеціальності 134 “Авіаційна та ракетно-космічна техніка” за освітньою програмою “Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок” . Частина перша. /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2025. – с.52

Укладач: В.В. Солоха, доцент, к.т.н., доцент

Рецензенти: В.В. Циганов, професор, д.т.н.

Відповідальний
за випуск М. В. Фролов, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
“Металорізальних верстатів та
інструментів”
Протокол №
від “ “ березня 2025

Рекомендовано до видання НМК
машинобудівного факультету
Протокол №_____.
від “ “ _____ 2025

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1. Паспортизація токарно-гвинторізного верстата	4
Лабораторна робота №2. Настроювання зубофрезерного верстата	11
Лабораторна робота №3. Настроювання зуборізного верстата	22
Лабораторна робота № 4. Універсальний фрезерний верстат і ділильна головка	31
Додаток А. Таблиця А.1 – Варіанти завдань для настроювання ділильної головки на диференціальне ділення	50
Таблиця А.2 - Варіанти завдань для настроювання ділильної головки для фрезерування гвинтових канавок	50
Додаток Б. Таблиця Б.1 - Комплекти змінних коліс, що рекомендуються для груп верстатів	51

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ПАСПОРТИЗАЦІЯ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА

1.1 Мета роботи

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з методикою визначення основних паспортних даних токарно-гвинторізного верстата, вивчення його кінематичної схеми, набуття навичок в складанні рівняння кінематичного ланцюга, розрахунків к.к.д. привода і крутного моменту на шпинделі.

1.2 Зміст роботи

Зафіксувати основні паспортні дані верстата; вивчити кінематичну схему верстата; вивчити органи керування верстатом.

Накреслити кінематичну схему привода головного руху верстата.

Розрахувати крутні моменти на шпинделі верстата.

1.3 Обладнання та інструмент

токарно-гвинторізний верстат;

лінійка сталевая $L=500$ мм;

рулетка $L= 5000$ мм;

штангенциркуль;

тахометр.

1.4 Методичні вказівки

Для вірного і ефективного використання верстатного обладнання технолог повинен мати повні технічні характеристики наявних металорізальних верстатів. В процесі експлуатації детальні відомості про верстат потрібні механіку для організації його обслуговування та ремонту, нормувальнику для призначення технічно обґрунтованих норм, конструктору пристосувань, енергетику та іншим службам заводу. Таким документом, що вміщує загальні відомості про верстат, його технічну характеристику, дані про пристосування, про механіку головного руху і подачі, та інші дані, є паспорт верстата, який складається заводом-виробником.

В процесі виконання даної роботи складається детальна технічна характеристика токарно-гвинторізного верстата, яка є

основою його паспорта. В процесі роботи над технічною характеристикою студенти знайомляться з методикою визначення окремих параметрів верстата шляхом його огляду і замірів. Числові дані перед занесенням до технічної характеристики округлюють в відповідності з даними таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Округлення заміряних розмірів.

Межі вимірюваних величин, мм	5-20	20-50	50-200	200-500	500-2000
Заміряні значення округлити до	0,1	0,5	1	5	10
Після округлення числа повинні закінчуватися цифрою	будь-якою	0 або 5	будь-якою	0 або 5	0

1.4.1 Загальні відомості про верстат.

1.4.1.1 Завод-виробник: зазначається найменування заводу і місто, в якому він знаходиться.

1.4.1.2 Тип верстата.

1.4.1.3 Модель.

1.4.1.4 Габарити верстата. Визначаються вимірюванням довжини, ширини, висоти верстата. Вимірюються відстані між крайніми точками верстата з висунутими в граничні положення рухомими частинами верстата.

1.4.2 Основні дані верстата.

1.4.2.1 Висота центрів. Вимірюється за перпендикуляром від лінії центрів до площини станини.

1.4.2.2 Найбільша відстань між центрами. Перед вимірюванням задню бабку переміщують в крайнє положення і засувають пінолю до кінця.

1.4.2.3 Найбільший діаметр прутка, що проходить всередині шпинделя. Береться таким, що дорівнює 0,97 діаметра отвору в шпинделі.

1.4.2.4 Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною. Лінійкою вимірюється відстань R_1 від осі шпинделя до найближчої точки напярмної станини. Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, буде дорівнювати $1,94 R_1$.

1.4.2.5 Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над верхньою частиною супорта. Лінійкою вимірюється відстань R_2 від осі шпинделя до найближчої частини супорта, що виступає. Найбільший діаметр обробки над супортом буде дорівнювати $1,94 R_2$.

1.4.2.6 Межі подовжніх подач. Визначаються за таблицею на верстаті.

1.4.2.7 Межі поперечних подач, визначаються так само.

1.4.2.8 Граничні розміри нарізуваних різьб (визначаються за таблицею на верстаті):

метричної, крок в мм;

дюймової, число ниток на 1";

модульної, модуль в мм;

пітчевої, в пітчах.

1.4.3 Шпиндель.

1.4.3.1 Конус отвору шпинделя: система і номер. Визначається за допомогою набору нормальних конусів або за таблицею 1.2.

Таблиця 1.2 - Розміри конусів Морзе.

Номер конуса Морзе	Розмір конуса на торці шпинделя, мм
0	9,045
1	12,065
2	17,780
3	23,825
4	31,267
5	44,399
6	63,348

1.4.3.2 Діаметр отвору в шпинделі, мм.

Вимірюється з заднього кінця шпинделя.

1.4.3.3 Ескіз переднього кінця шпинделя. На ескізі зазначається довжина і діаметр посадкових місць.

1.4.3.4 Гальмування шпинделя. Зазначається, чи є гальмування шпинделя

1.4.3.5 Блокування рукояток від одночасного вмикання. Зазначається, чи є в механізмі головного руху таке блокування.

1.4.4 Задня бабка.

1.4.4.1 Конусність отвору пінолі: система, номер. Визначається за таблицею 1.2.

1.4.4.2 Найбільше переміщення пінолі, мм.

1.4.4.3 Переміщення пінолю за один оберт маховика. Вимірюється лінійкою. Визначається як середнє за декілька обертів маховика.

1.4.5 Супорт.

1.4.5.1 Число різців в різцетримачі.

1.4.5.2 Найбільші розміри державки різця, мм (ширина × висота).

1.4.5.3 Найбільше переміщення супорта, мм. При цих вимірах супорт переміщується із одного крайнього положення в інше.

1.4.5.4 Переміщення супорта за один оберт лїмба. Вимірюється лінійкою. Визначається як середнє за декілька обертів лїмба.

1.4.5.5 Цїна дїлення лїмба, мм (переміщення супорта на одне дїлення лїмба). Підраховується за формулою

$$S = S_0/z, \quad (1.1)$$

де S_0 - переміщення супорта за один оберт лїмба;

z - число дїлень лїмба на колї.

Примїтка. Вимірювання за пп. 1.4.5.3 – 1.4.5.5 здїйснюються для переміщень подовжнього і поперечного супортів.

1.4.6 Електродвигуни.

1.4.6.1 Призначення. Зазначається: "привїд головного руху", "привїд подачі" тощо.

1.4.6.2 Число обертів електродвигуна за хвилину.

1.4.6.3 Потужність електродвигуна, кВт.

1.4.7 Шкїви. Вимірюються дїаметри і ширина шкївїв електродвигуна та коробки швидкостей.

1.4.8 Паси.

1.4.8.1 Тип пасїв.

1.4.8.2 Кїлькїсть пасїв.

1.4.9 Механїзм головного руху.

1.4.9.1 Частота обертання шпинделя, визначається за таблицею на верстатї, перевіряється розрахунковим шляхом та за допомогою тахометра. Нумерування ступенїв розпочинається з найменшого значення.

Для перевїрки n_{un} розрахунковим шляхом складається розгорнуте рївняння кїнематичного балансу приводу обертання шпинделя (див. рис. 1.1).

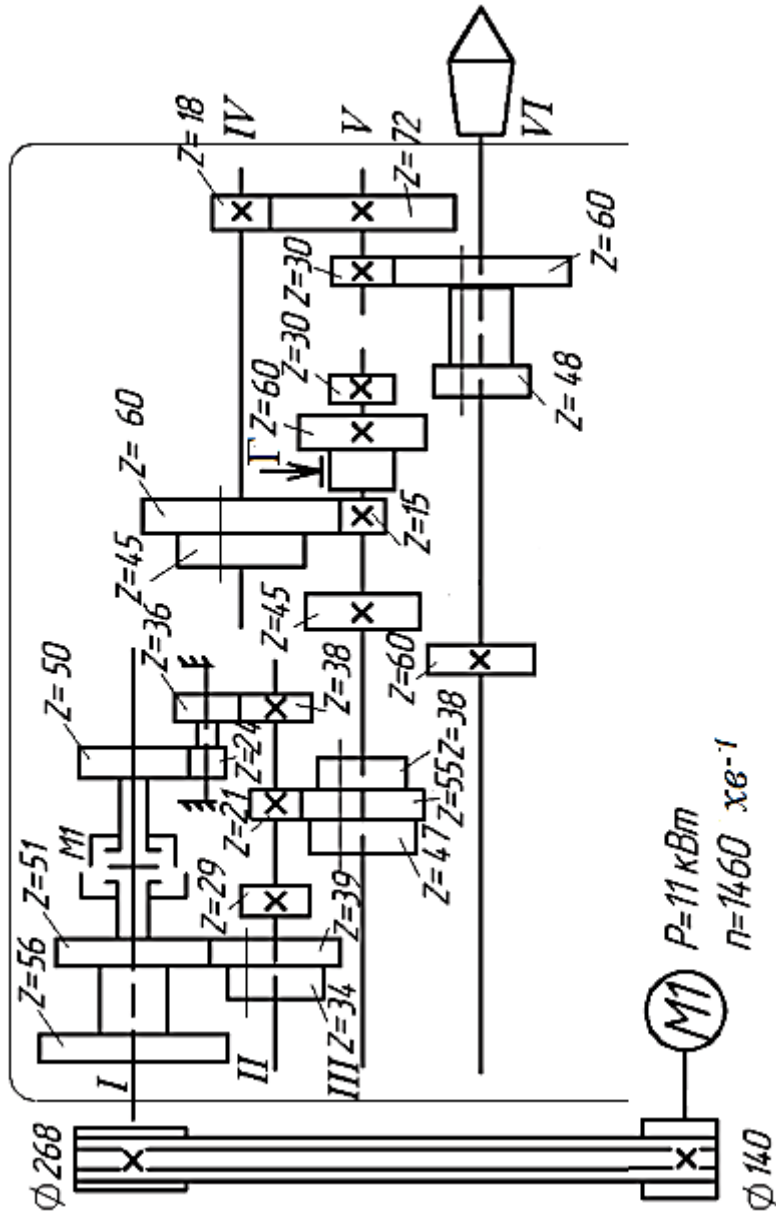
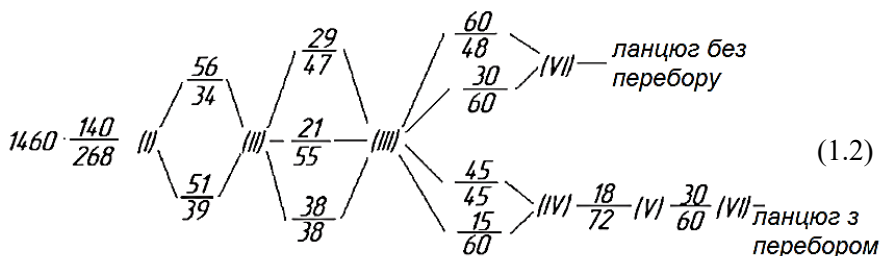


Рисунок 1.1 - Кінематична схема приводу головного руху



За рівнянням (1.2) необхідно розрахувати найбільшу і найменшу частоти обертання шпинделя, а потім перевірити їх на верстаті за допомогою тахометра.

1.4.9.2 Розрахунковий к.к.д. приводу головного руху. Визначається за формулою

$$\eta = \eta_1^a \cdot \eta_2^b \cdot \eta_3^c \quad (1.3)$$

де η - к. к. д. кінематичного ланцюга від двигуна до шпинделя;

η_1 - к. к. д. пасової передачі, дорівнює 0,98;

η_2 - к. к. д. зубчастої передачі, дорівнює 0,99;

η_3 - к. к. д. підшипників кочення, дорівнює 0,995;

a, b, c - кількість пар, що мають однаковий к. к. д.

1.4.9.3 Крутний момент на шпинделі. Визначається за формулою

$$M = \frac{9550 \cdot P_e}{n} \cdot \eta, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (1.4)$$

де P_e - потужність приводного електродвигуна, кВт;

n - частота обертання шпинделя, хв^{-1} ;

η - к. к. д. кінематичного ланцюга від двигуна до шпинделя.

Дані, одержані в п. п. 1.4.9.1 та 1.4.9.3 заносять до таблиці за формою табл. 1.3.

1.5 Зміст звіту

Звіт за лабораторною роботою повинен включати:

1.5.1 Перелік основних паспортних даних верстата.

1.5.2 Ескіз переднього кінця шпинделя.

1.5.3 Кінематичну схему приводу головного руху верстата.

1.5.4 Розгорнуте рівняння кінематичного балансу приводу головного руху.

1.5.5 Таблицю частот обертання шпинделя і крутних моментів на ньому.

1.6 Контрольні запитання

1.6.1 З якою метою складається паспорт верстата?

1.6.2 Напишіть структурну формулу привода головного руху токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20.

1.6.3 Як наближено визначити к. к. д. кінематичного ланцюга?

1.6.4 Як записується розгорнуте рівняння кінематичного балансу привода головного руху верстата?

Таблиця 1.3 – Частоти обертання і крутні моменти на шпинделі.

Номер ступеня	$n, \text{хв}^{-1}$		$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	Номер ступеня	$n, \text{хв}^{-1}$		$M, \text{Н}\cdot\text{м}$
	за табл.	фактично			за табл.	фактично	
1				13			
2				14			
3				15			
4				16			
5				17			
6				18			
7				19			
8				20			
9				21			
10				22			
11				23			
12				24			

1.7 Рекомендована література

1. Бочков, В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів [Текст]: підручник / В.М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко; за ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. – 448 с.

2. Шевченко О.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівних виробництв. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Конструювання та дизайн машин» спец. 131 Прикладна механіка / О.В. Шевченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 253 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

НАЛАШТУВАННЯ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

2.1 Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з принципом роботи, структурною та кінематичними схемами, конструкцією, налаштуванням і наладкою зубофрезерного верстата.

2.2 Зміст роботи

Вивчити принцип роботи і структурну схему зубофрезерного верстата;

Вивчити кінематичні ланцюги верстата;

Ознайомитись з розміщенням органів керування верстатом;

За даними параметрами розрахувати налаштування верстата;

Налаштувати верстат і нарізати циліндричну шестірню.

2.3 Обладнання та інструмент

Зубофрезерний верстат.

Фреза черв'ячна модульна.

Змінні шестірні.

Заготовка.

2.4 Призначення зубофрезерних верстатів

Універсальні зубофрезерні верстати призначені для нарізання циліндричних прямозубих та косозубих зубчастих коліс, а також черв'ячних коліс в умовах серійного виробництва. На цих верстатах можна виготовляти і інші деталі, профіль яких можна одержати методом обкатки, наприклад шліцьові вали.

Нарізання зубчастих коліс на зубофрезерних верстатах здійснюється методом обкатки (огинання), який є основним методом виготовлення зубчастих передач. В процесі нарізання коліс цим методом на верстаті механічно відтворюються рухи пари сполучених елементів зубчастої чи черв'ячної передачі. Одним із елементів даної передачі є зубчасте колесо або черв'як, що відтворюються інструментом, іншим - заготовка, що нарізується.

На зубофрезерних верстатах як різальний інструмент використовують черв'ячні модульні фрези, евольвентний профіль бічної поверхні зуба шестірні, що нарізується, виникає в вигляді обвідної ряду послідовних положень прямолінійної різальної крайки

зуба фрези (рис. 2.1). Рухи заготовки і інструмента здійснюються вимушено кінематичними ланцюгами верстата і відповідають рухам черв'ячної пари, яка знаходиться в зачепленні.

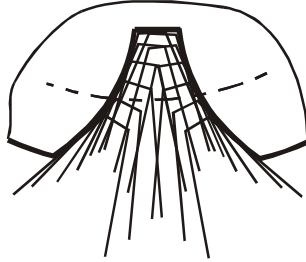


Рисунок 2.1 - Схема утворення евольвентного профілю зуба

2.5 Структура зубофрезерного верстата і розрахункові переміщення

На рис. 2.2 зображена кінематична структура універсального зубофрезерного верстата.

Для нарізання циліндричного косозубого колеса необхідно здійснювати головний рух - обертання фрези O_1 , що налаштовується гітарою i_V , обертання заготовки O_2 узгоджується з обертанням фрези O_1 за допомогою гітари i_x , вертикальне переміщення супорта з фрезою P_3 налаштовується гітарою i_s ; додаткове обертання заготовки O_4 через підсумовуючий механізм Σ , необхідне для утворення гвинтової лінії, налаштовується гітарою i_y .

Для налаштування верстата визначають умовні розрахункові кінематичні ланцюги:

- ланцюг головного руху O_1 . Кінцевими ланками його є вал електродвигуна і шпindel фрези. Розрахункові переміщення:

$$n_e, \text{ хв}^{-1}, \text{ електродвигуна} \rightarrow n_\phi \text{ хв}^{-1}, \text{ фрези.}$$

Потрібна частота обертання фрези визначається виходячи з вибраної швидкості різання V м/хв. і діаметра фрези d , мм:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ хв}^{-1};$$

- ланцюг обкатки (ділення). Це ланцюг утворення евольвенти. Він узгоджує обертання фрези і заготовки (O_1 і O_2).

Розрахункові переміщення:

1 об. фрези $\rightarrow k/z$ об. заготовки;

де z - число зубців, що нарізуються на заготовці,

k - число заходів фрези;

- ланцюг подач. Кінцеві ланки ланцюга подач - стіл з заготовкою і ходовий гвинт з кроком P , мм (рухи O_2 і $П_3$) Розрахункові переміщення:

1 об. заготовки $\rightarrow S$ мм подачі, або

1 об. заготовки $\rightarrow S/P$ об. ходового гвинта;

- гвинторізний ланцюг (ланцюг диференціала) - забезпечує нарізання на заготовці зубців, розташованих за гвинтовою лінією з кроком P . Кінцеві ланки цього ланцюга: ходовий гвинт p і стіл з заготовкою. Розрахункові переміщення:

P мм переміщення фрези $\rightarrow \pm 1$ додатковий оберт заготовки, або

P/p об. ходового гвинта $\rightarrow \pm 1$ додатковий оберт заготовки.

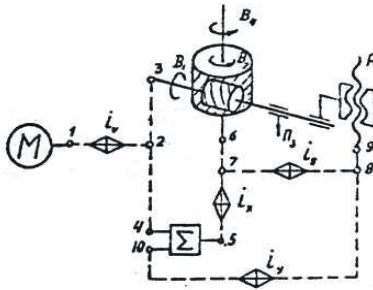


Рисунок 2.2 - Структурна схема зубофрезерного верстата

2.6 Зубофрезерні верстати мод. 5Д32 та 5К324А

На рис. 2.3 та 2.4 зображені кінематичні схеми зубофрезерних верстатів мод. 5Д32 та 5К324А відповідно, конструкція яких відповідає структурі рис. 2.2.

Таблиця 2.1 – Коротка технічна характеристика верстата

Модель верстата	5Д32	5К324А
Найбільший діаметр нарізуваних коліс, мм	800	500
Найбільший модуль нарізуваних коліс, мм	6	8
Найбільша ширина нарізуваних коліс, мм	275	300
Найбільший діаметр фрези, мм	120	180
Потужність головного електродвигуна, кВт	2,8	7,5
Частота обертання електродвигуна, хв^{-1}	1420	1460

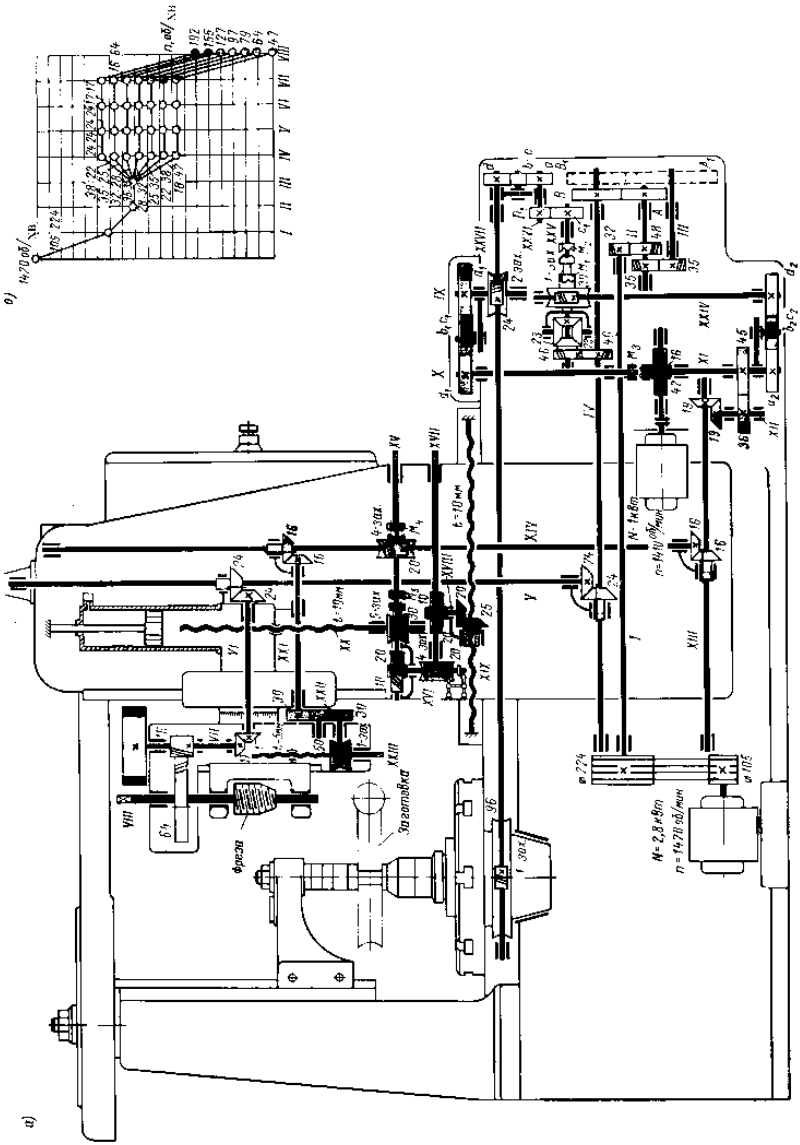


Рисунок 2.3 - Кінематична схема зубофрезерного верстата мод. 5Д32

2.7 Порядок виконання роботи та методичні вказівки

2.7.1 Вивчити кінематичну схему верстата (рис. 2.3, 2.4), розміщення його органів керування і налаштування.

2.7.2 За заданим номером варіанта індивідуального завдання (таблиця 2.3) скласти таблицю вихідних даних (табл. 2.2).

2.7.3 Визначити діаметр заготовки

$$D_e = m_n \left(\frac{z}{\cos \alpha} + 2 \right). \quad (2.1)$$

2.7.4 Визначити крок гвинтової лінії зубців колеса

$$P = \frac{\pi m_n z}{\sin \alpha}, \text{ мм} \quad (2.2)$$

2.7.5 Визначити кут установки фрези

$$\varphi = \alpha \pm \beta \quad (2.3)$$

Знак "+" застосовується в випадку різнойменних напрямків гвинтових ліній зубців нарізованого колеса і фрези, а знак "-" в разі однойменних напрямків.

2.7.6 Накреслити ескіз установлення фрези відносно заготовки з зазначенням напрямків руху (рис. 2.5).

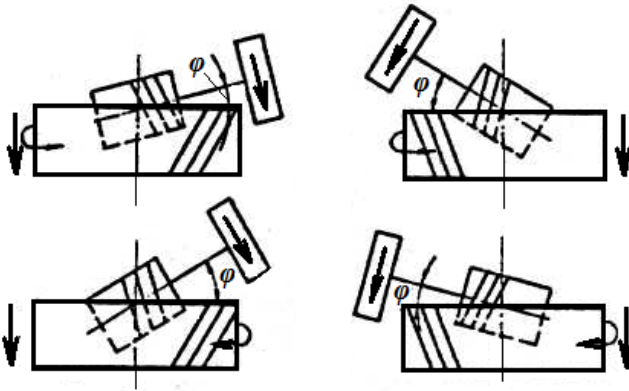


Рисунок 2.5 - Схеми установлення черв'ячної фрези

2.7.7 Користуючись розрахунковими переміщеннями (див. п. 5), за кінематичною схемою верстата (рис. 2.3, 2.4) скласти рівняння кінематичних ланцюгів та за їх допомогою одержати формули налаштування гітар:

$$\text{головного руху} \quad A/B = n_\phi / 110, (i_v = n_\phi / 180);$$

вертикальної подачі

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{3 \cdot S_e}{10}, \quad (i_y = a_1/b_1 = 0,5 \cdot S_e);$$

обкатки (ділення)


$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot k}{z}$$

при нарізанні коліс з числом зубців $z < 161$ $C_1=D_1=36$;
гвинторізного ланцюга (ланцюга диференціала)

$$i_\varphi = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \pm \frac{7,95775 \cdot \sin \alpha}{k \cdot m_n}$$

Примітка: Формули налаштування в дужках для верстата мод. 5К324А.

Таблиця 2.2 - Вихідні дані до настроювання зубофрезерного верстата

Ескіз заготовки	
Число нарізуваних зубів	$z=$
Зовнішній діаметр колеса, мм	$D_e=$
Модуль нормальний, мм	$m_n=$
Ширина колеса, мм	$b=$
Кут нахилу зубів колеса, град.	$\alpha=$
Крок гвинтової лінії зубів колеса, мм	$T=$
Кут підйому гвинтової лінії черв'ячної фрези, град.	$\beta=$
Число заходів фрези	$k=$
Зовнішній діаметр фрези, мм	$d_\phi=$
Швидкість різання, м/хв.	$V=$
Вертикальна подача, мм/об.	$S_B=$
Напрямок нарізуваних зубів	
Напрямок витків фрези	

2.7.8 Здійснити налаштування всіх кінематичних ланцюгів.

Для цього для кожного кінематичного ланцюга виконати таке:

- записати розрахункові переміщення;
- скласти рівняння кінематичного ланцюга;

- одержати формулу налаштування;
- підібрати змінні колеса;
- перевірити зчіплювання зубчастих коліс гітари за формулами:

$$a + b - c \geq 17;$$

$$d + c - b \geq 17;$$

$$a + b + c + d \geq 200$$

При підборі змінних коліс необхідно враховувати, що для визначення чисел зубців коліс гітари головного руху і подачі можна використовувати будь-який наближений спосіб підбору, а для налаштування гітар обкатки (ділення) і диференціала необхідно користуватись одним із точних способів, наприклад за допомогою таблиць М.В. Сандакова.

Для налаштування гітар використовувати такі набори змінних коліс:

гітара головного руху 5Д32 - $z = 18; 22; 25; 28; 32; 35; 38; 42;$

5К324А - $z = 23; 27; 31; 36; 41; 46; 51; 56; 60; 64;$

гітара налаштовується з дотриманням умови: $A+B = 60$ (87);

гітари подачі, ділення, диференціала:

$z = 20$ (2 шт.); 23; 24; 25; (2 шт.); 30; 33; 34; 35; 37; 40; 41; 43; 45; 47; 48; 50; 53; 55; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 65; 67; 70; 71; 73; 75; 79; 60; 83; 85; 89; 90; 92; 95; 97; 98; 100.

Гітара подачі верстата 5К324А однопарна, $a_1 + b_1 = 96$:

$z = 24; 28; 32; 38; 43; 48; 53; 58; 64; 68; 72.$

2.7.9 Накреслити схеми гітар (рис. 2.6).

2.8 Зміст звіту

2.8.1 Таблиця вихідних даних.

2.8.2 Ескіз установки фрези відносно заготовки.

2.8.3 Розрахунок налаштування ланцюгів верстата.

2.8.4 Ескізи всіх гітар з зазначенням чисел зубців коліс.

2.9 Контрольні питання

2.9.1 Для виконання яких видів робіт призначені зубофрезерні верстати?

2.9.2 В чім полягає зміст методу обкатки при фрезеруванні зубчастих коліс?

2.9.3 Які рухи необхідно здійснювати на верстаті для нарізання:

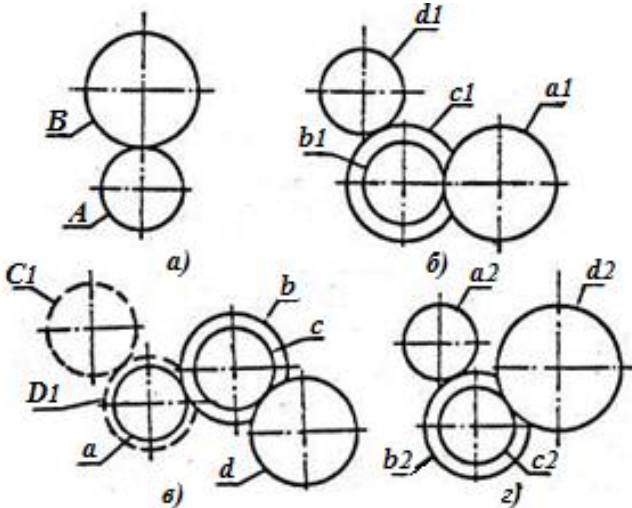
а) прямозубих; б) косозубих циліндричних коліс;

в) черв'ячних коліс?

2.9.4 Назвіть кінцеві ланки, розрахункові переміщення ланцюгів, запишіть рівняння кінематичного ланцюга:

а) головного руху; б) подачі; в) обкатки; г) диференціала.

2.9.5 Як встановлюється фреза відносно заготовки для нарізання: а) прямозубих; б) косозубих циліндричних коліс; в) черв'ячних коліс?



а - гітара головного руху; б - гітара подачі; в - гітара обкатки (ділення); г - гітара диференціала

Рисунок 2.6 - Схеми гітар верстата мод. 5Д32

2.10 Рекомендована література

1. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Обладнання та транспорт механоскладальних цехів” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” освітня програма “Технологія машинобудування” усіх форм навчання. /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2024. - 154 с.
2. Шевченко О.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівних виробництв. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Конструювання та дизайн машин» спец. 131 Прикладна механіка / О.В. Шевченко; КПІ ім. Ігоря

Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 253 с..

Таблиця 2.3 – Варіанти індивідуальних завдань до роботи.

Номер варіанта	Модель верстата	Число зубів, що нарізується, Z	Модуль, m, мм	Напрямок зуба	Кут нахилу зубів α , град.	Діаметр фрези $d_{фр}$, мм	Кут підйому гвинтової лінії фрези β , град	Напрямок витків фрези	Число заходів фрези k	Швидкість різання v, м/хв.	Подача S _в , мм/об
1.	5Д32	21	2	Правий	20	70	2°19'	Лівий	1	20	1,8
2.	5Д32	29	2,5	Лівий	24	80	2°28'	“	1	22	1,6
3.	5Д32	31	3	Правий	25	75	2°48'	“	1	24	2,5
4.	5Д32	35	3,5	Лівий	26	80	3°5'	“	1	28	1,5
5.	5Д32	46	4	Правий	27	80	3°20'	“	1	30	2,0
6.	5Д32	49	2	Лівий	28	70	2°19'	“	1	24	1,4
7.	5Д32	63	1,5	Правий	17°30'	54	1°42'	Правий	1	20	1,8
8.	5Д32	74	3	Лівий	30	75	2°48'	“	1	24	1,5
9.	5Д32	78	3,5	Правий	45	75	3°5'	Лівий	1	28	2,0
10.	5Д32	69	4	Лівий	45	80	3°20'	“	1	24	2,4
11.	5Д32	66	2	Правий	20	70	2°19'	“	1	20	3,0
12.	5Д32	81	2,5	Лівий	22	70	2°28'	“	1	30	2,5
13.	5Д32	77	3	Правий	24	80	2°48'	“	1	28	1,4
14.	5Д32	75	3,5	Лівий	26	80	3°5'	Правий	1	24	2,0
15.	5Д32	84	4	Правий	28	80	3°20'	“	1	28	1,6
16.	5К324А	64	4	Правий	15°15'	80	3°32'	Лівий	1	28	0,7
17.	5К324А	65	2,5	Лівий	32°30'	63	2°38'	Лівий	1	24	0,9
18.	5К324А	105	6	Правий	28°40'	100	4°05'	Лівий	1	30	0,8
19.	5К324А	120	5	Правий	47°15'	90	3°50'	Лівий	1	28	1,5
20.	5К324А	75	4,5	Правий	31°15'	80	3°15'	Лівий	1	24	0,8
21.	5К324А	68	4	Лівий	22°30'	70	2°45'	Лівий	1	26	1,2
22.	5К324А	86	3,5	Лівий	30°	63	2°15'	Лівий	1	20	1,4
23.	5К324А	48	2,5	Правий	20°40'	50	1°48'	Лівий	1	24	1,8
24.	5К324А	40	2	Лівий	21°	50	2°18'	Правий	1	20	2,0
25.	5К324А	78	3,5	Лівий	25°40'	60	2°24'	Правий	1	25	1,6
26.	5К324А	70	5	Лівий	42°	85	3°52'	Правий	1	30	0,9
27.	5К324А	36	6	Лівий	15°	80	3°22'	Лівий	1	26	0,8
28.	5К324А	58	4	Лівий	20°50'	70	2°20'	Лівий	1	30	1,4

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

НАЛАШТУВАННЯ ЗУБОРІЗНОГО ВЕРСТАТА

3.1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення принципу дії, кінематичної схеми, конструкції, налаштування і налагодження зуборізного верстата для нарізання конічних коліс зі спіральним зубом.

3.2 Зміст роботи

Вивчити принцип роботи верстата.

Вивчити кінематичні ланцюги верстата, ознайомитись з органами його керування, налаштування та налагодження.

За заданими параметрами розрахувати налаштування гітар верстата.

Налаштувати верстат і нарізати конічне зубчасте колесо.

3.3 Обладнання та інструмент

Зуборізний верстат.

Головка різцева двостороння.

Змінні шестірні.

Заготовка.

3.4 Зуборізний напівавтомат мод. 525

3.4.1 Призначення і принцип роботи.

Верстат призначено для нарізання конічних коліс зі спіральними зубцями звичайних, напівобкатних та гепоїдних передач 7-8 ступеню точності. На верстаті можна виконувати чорнове та чистове нарізання зубчастих коліс і шестерень методом обкатки або чорнову обробку коліс з кутом початкового конуса більшим 90° методом врізання. Метод обкатки ґрунтується на механічному відтворенні на верстаті зачеплення спряжених конічних зубчастих коліс (рис. 3.1).

Одним з цих коліс є заготовка 2, іншим - уявне виробляє колесо, один зуб якого відтворюється різцевою головкою 1, що обертається. Різцева головка ексцентрично встановлена на планшайбі 3 верстата, закріпленій на колісці. Поворот коліски разом з планшайбою 3 відтворює поворот виробляючого колеса. Різцева головка 1, обертаючись навколо власної осі, здійснює рух різання. Узгоджене обертання заготовки і планшайби створює рух обкатки. В процесі цього руху різцева головка обробляє на заготовці одну западину зі

спіралльною лінією зуба і евольвентним профілем в нормальному перерізі. Бічна поверхня нарізованого зуба утворюється як обвідна низки положень різальних крайок різців (див. рис. 3.1).

Верстат є напівавтоматом. Цикл рухів обробки однієї западини на заготовці здійснюється в

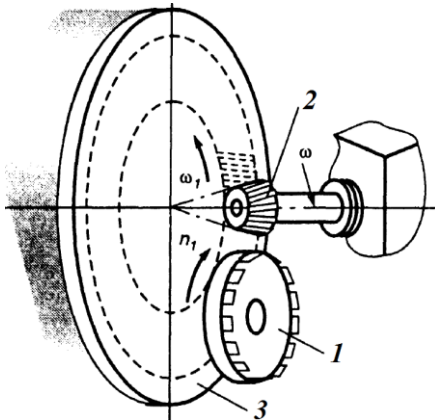


Рисунок 3.1 - Робочі рухи верстата для нарізання коліс зі спіральним зубом

такій послідовності. Різцева головка і заготовка протягом всього циклу безперервно обертаються. На початку циклу заготовка підводиться до коліски на повну висоту зуба, що нарізується. Одночасно коліска розпочинає свій робочий хід, тобто узгоджене обертання із заготовкою - здійснюється процес різання. Після закінчення обробки однієї западини заготовка відходить від інструмента, коліска обертається в зворотному

напрямку до вихідного положення, а заготовка продовжує обертатися в тому самому напрямку. Внаслідок такого узгодження рухів за час циклу заготовка відносно свого початкового положення встигає повернутись на деяке число зубців z_i . Завдяки відповідному налаштуванню верстата, інструмент кожен раз обробляє нову, як правило, не сусідню западину.

3.4.2 Коротка технічна характеристика верстата

Найбільший діаметр нарізованих зубчастих коліс, мм 800

Найбільша довжина твірної початкового конуса, мм 280

Найбільша ширина зубчастого вінця, мм 65

Діаметри різцевих головок, мм 190...300

Частота обертання шпинделя різцевої головки, хв^{-1} . 25...325

Час обробки одного зуба, с 5...78

3.4.3 Кінематична схема і конструктивні особливості верстата

Основними виконавчими органами верстата є коліска з різцевою головкою, шпиндель виробу з заготовкою і барабан керування Бн

(рис. 3.2). Рухи окремих виконавчих органів узгоджені один з одним внутрішніми кінематичними зв'язками.

Конструктивною особливістю напівавтомата моделі 525 є відсутність реверсування заготовки, безперервний процес ділення і реверсування коліски за допомогою складеного підковоподібного колеса. Шестірня $z = 14$ завжди обертається в одному напрямку і, знаходячись в зачепленні з зубцями складеного колеса, обертає останнє разом з коліскою то в один то в інший бік. Постійне зачеплення цих коліс підтримується спеціальними копірами. При зачепленні колеса $z=14$ з внутрішнім вінцем $z=224$ коліска здійснює повільний робочий хід, а при зачепленні з зовнішнім вінцем $z=112$ прискорений холостий хід в зворотному напрямку. За одне гойдання складеного колеса і коліски нарізується одна западина, за цей же час барабан керування B_n здійснює рівно один оберт. Потім цикл повторюється необхідну кількість разів.

3.5 Налаштування кінематичних ланцюгів верстата

Для налаштування верстата виділяють умовні розрахункові кінематичні ланцюги.

Ланцюг головного руху.

Кінцевими ланками ланцюга є вал електродвигуна і шпindel рiзцевої головки. Розрахункові перемiщення:

$$n_{ед} \text{ хв}^{-1}. \text{ електродвигуна} \rightarrow n_{рг} \text{ хв}^{-1}. \text{ шпинделя.}$$

Потрібна частота обертання шпинделя рiзцевої головки визначається через швидкість рiзання V , м/хв. і діаметр рiзцевої головки D мм:

$$n_{pe} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1}.$$

З рiвняння кінематичного балансу одержуємо формулу налаштування гiтари головного руху:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{n_{pe}}{180};$$

Ланцюг подачі.

Подачею на цьому верстаті умовно називають час робочого ходу t в секундах, що затрачується на обробку одного зуба. Робочий хід здійснюється при повороті барабана керування B_n на 160° . Швидкість робочого ходу барабана визначає швидкість обкатного руху коліски, і

відповідно, шорсткість обробленої поверхні. Розрахункові переміщення для налаштування ланцюга подач записуються так

$$\frac{2900}{60} \cdot t \text{ об. вала електродвигуна} \rightarrow \frac{160^\circ}{360^\circ} \text{ об. барабана } B_n$$

Розв'язавши рівняння кінематичного балансу ланцюга, одержують формулу налаштування ланцюга подач:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{4,7}{t}.$$

Ланцюг ділення.

Ділення на цьому верстаті здійснюється за рахунок безперервного обертання заготовки. За час обробки однієї западини заготовка здійснює значний кутовий поворот, тому наступною буде нарізуватись не сусідня западина, а з пропуском z_i зубців. За час циклу барабан B_n здійснює один повний оберт, а заготовка z_i/z_1 оберту. Таким чином, розрахункові переміщення ланцюга ділення запишуться так:

$$1 \text{ об. барабана } B_n \rightarrow z_i/z_1 \text{ об. заготовки,}$$

де z_1 - число зубців, що нарізуються на заготовці.

З рівняння кінематичного балансу ланцюга одержують формулу налаштування гітари ділення (при нарізанні коліс методом обкатки):

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 2 \frac{z_i}{z_1}.$$

Кількість зубців, що пропускаються, повинна бути достатньою для забезпечення повної обкатки всієї поверхні нарізаного зуба. Орієнтовно її визначають за формулою

$$z_i = \frac{\theta \cdot z_0}{160^\circ},$$

де z_0 - число зубців виробляючого колеса, $z_0 = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$;

θ - кут гойдання коліски, град. $\theta = \frac{800}{z_0} + 20 \cdot \text{tg } \beta$,

де β - кут спіралі, град.

Після налаштування верстата величина кута θ уточняється дослідним шляхом.

Число z_i округлюють до найближчого більшого цілого числа. З метою запобігання повторного попадання різцевої головки в раніше

оброблену западину прийняте значення z_i не повинно мати спільних множників з числом нарізаних зубців z_1 ;

Ланцюг обкатки.

Рухом обкатки на цьому верстаті є узгоджене обертання колиски з різцевою головкою і шпинделя заготовки. Розрахункові переміщення:

$$1/z_1 \text{ об. заготовки} \rightarrow 1/z_0 \text{ об. колиски.}$$

Формула налаштування гітари обкатки

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = 3,5 \frac{z_i}{z_0}.$$

3.6 Порядок виконання роботи та методичні вказівки

3.6.1 Вивчити кінематичну схему верстата (рис. 3.2), розміщення його органів керування і налаштування.

3.6.2 Для заданого варіанта індивідуального завдання (табл. 3.2) скласти таблицю вихідних даних (табл. 3.1).

3.6.3 Розрахувати налаштування ланцюгів верстата: головного руху, подачі, ділення і обкатки.

З цією метою для кожного кінематичного ланцюга необхідно виконати таке:

- написати розрахункові переміщення;
- скласти рівняння кінематичного балансу;
- одержати формулу налаштування;
- підібрати змінні колеса.

3.6.4 Перевірити зчеплення зубчастих коліс гітари за формулами:

$$a + b - c \geq 17;$$

$$c + d - b \geq 17;$$

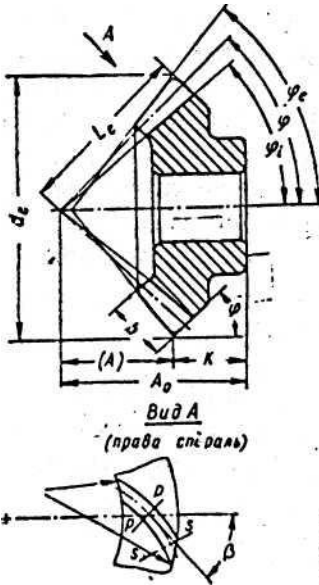
$$a + b + c + d \geq 200.$$

3.6.5 Накреслити схеми гітар (див. рис. 3.3).

Під час налаштування гітари головного руху користуються п'ятковим набором - змінними колесами з числами зубців від 20 до 100, кратними числу 5; для налаштування решти гітар використовують набір коліс з числом зубців від 30 до 116 включно.

Налаштування гітар головного руху і подачі можна здійснювати наближеними методами, гітар ділення і обкатки - одним із точних методів (наприклад за допомогою таблиць М.В. Сандакова).

Таблиця 3.1 - Дані до налаштування верстата для нарізання конічного колеса зі спіральним зубом



Кут зачеплення в нормальному перерізі $\alpha = 20^\circ$
Спосіб нарізання - двосторонній

Змінні шестірні:

гітари головного руху

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

гітари подачі

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} =$$

гітари ділення

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} =$$

гітари обкатки

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} =$$

Число зубців нарізованого колеса	$Z_1 =$
Число зубців спряженого колеса	$Z_2 =$
Число зубців виробляючого колеса	$Z_0 =$
Кут спіралі, град.	$\beta =$
Швидкість різання, м/хв.	$V =$
Подача, с	$t =$
Число зубців, що пропускаються при діленні	$Z_i =$
Половина кута початкового конуса виробу, град	$\varphi =$
Зовнішній діаметр виробу, мм	$d_e =$
Номинальний діаметр головки, мм	$D =$
Частота обертання різцевої головки, хв^{-1}	$n_{\text{рт}} =$

3.7 Зміст звіту

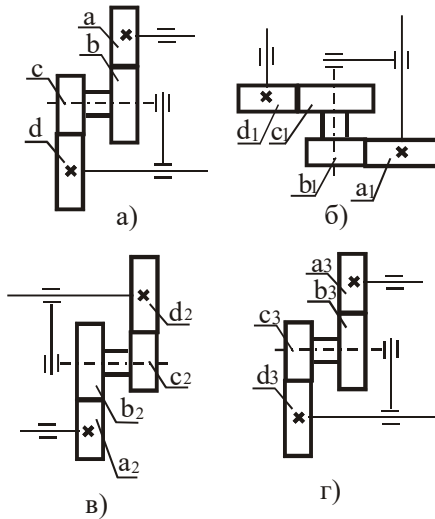
3.7.1 Таблиця вихідних даних

3.7.2 Розрахунок налаштування ланцюгів верстата

3.7.3 Ескізи всіх гітар з зазначенням чисел зубців коліс

Таблиця 3.2 – Варіанти індивідуальних завдань до роботи

Номер варіанта	z_1	z_2	β°	φ°	$V, \text{ м/хв}$	$t, \text{ с}$	$d_e, \text{ мм}$	$D, \text{ мм}$
1	40	10	20	$37^\circ 59'$	25	20	365,2	152,4
2	29	14	30	$32^\circ 07'$	40	24	214,89	190,5
3	36	12	25	$35^\circ 47'$	36	30	278,61	190,5
4	27	10	45	$34^\circ 50'$	28	27	199,22	190,5
5	34	17	35	$31^\circ 43'$	30	20	133,80	152,4
6	39	13	10	$35^\circ 47'$	32	24	192,01	152,4
7	45	15	15	$35^\circ 47'$	50	27	267,18	228,6
8	24	13	20	$30^\circ 47'$	30	21	199,22	190,5
9	25	16	25	$28^\circ 41'$	25	22	192,01	228,6
10	30	19	30	$28^\circ 50'$	30	33	133,80	152,4
11	42	17	25	$33^\circ 59'$	42	22	267,18	152,4
12	28	11	35	$34^\circ 17'$	38	30	192,01	304,8



а) гітара головного руху; б) гітара подачі; в) гітара ділення; г) гітара обкатки

Рисунок 3.3 - Схеми гітар верстата мод 525

3.8 Контрольні питання

3.8.1 Які зубчасті колеса можна нарізати на зуборізному верстаті мод. 525?

3.8.2 В чому полягає зміст методу обкатки при нарізанні конічних зубчастих коліс?

3.8.3 Які рухи здійснюються при роботі зуборізного верстата?

3.8.4 Опишіть цикл обробки однієї западини на конічному колесі.

3.8.5 Які кінцеві ланки має ланцюг головного руху, ланцюг подач, ланцюги ділення і обкатки? Записати рівняння кінематичних ланцюгів.

3.9 Рекомендована література

1. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Обладнання та транспорт механоскладальних цехів” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” освітня програма “Технологія машинобудування” усіх форм навчання. /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2024. - 154 с.

2. Шевченко О.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівних виробництв. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Конструювання та дизайн машин» спец. 131 Прикладна механіка / О.В. Шевченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 253 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ І ДІЛИЛЬНА ГОЛОВКА

4.1 Мета роботи

Метою роботи є вивчення кінематичної схеми і конструкції універсально-фрезерного верстата і набуття навичок у розрахунку і налаштуванні універсальної ділильної головки.

4.2 Зміст роботи

Ознайомитися з конструкцією фрезерного верстата.

Вивчити органи керування і кінематичну схему верстата.

Вивчити будову ділильної головки.

Виконати налаштування верстата і ділильної головки на заданий вид роботи.

Виконати обробку деталі.

4.3 Устаткування та інструмент

Універсально-фрезерний верстат мод. 6М82.

Універсальна ділильна головка мод. УДГ Н-160.

Фреза.

Змінні шестірні.

Ключі гайкові

4.4 Універсально-фрезерний верстат

4.4.1 Призначення верстата.

Консольний універсально-фрезерний верстат моделі 6М82 (рис.4.1) призначений для виконання різноманітних фрезерних робіт циліндричними, дисковими, фасонними, торцевими і пальцевими фрезами в умовах одиничного і серійного виробництва.

Обробка поверхонь здійснюється при одночасному русі фрези й оброблюваної заготовки, причому фреза має обертальний рух, а заготовка - поступальне переміщення в подовжньому, поперечному чи вертикальному напрямку. На рисунку 4.2 наведені основні схеми обробки площин і поверхонь на горизонтально-фрезерному верстаті з зазначенням напрямків переміщення заготовки й інструмента.

4.4.2 Коротка технічна характеристика верстата

Розміри робочої поверхні стола, мм 320 x 1250

Найбільший хід стола, мм:	
подовжній	700
поперечний	260
вертикальний	380
Найбільший кут повороту стола, у градусах	±45
Число ступенів частот обертання шпинделя	18
Межі частот обертання шпинделя, хв ⁻¹	31,5 – 1600
Число подовжніх, поперечних і вертикальних подач	18
Межі подач стола, мм/хв.	
подовжніх і поперечних	25 – 1250
вертикальних	8 – 400
Швидкість швидкого переміщення стола, мм/хв.	
подовжнього і поперечного	3000
вертикального	1000
Потужність головного електродвигуна, кВт	7

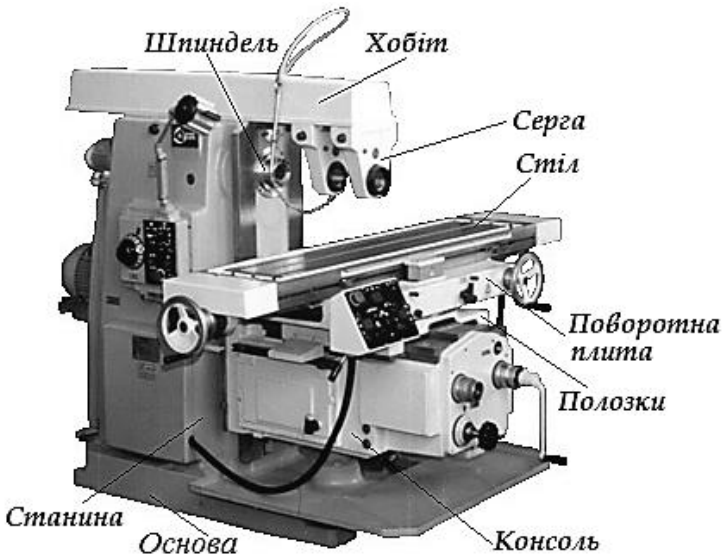


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд верстата

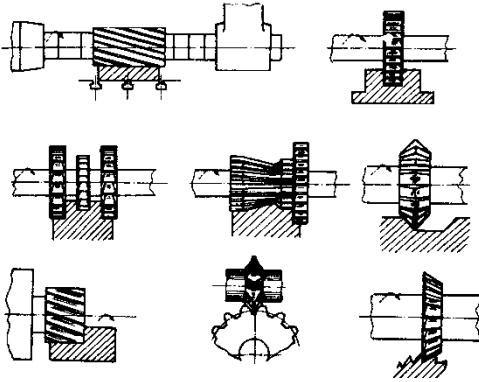


Рисунок 4.2 - Основні схеми фрезерних робіт

4.4.3 Основні вузли верстата (рис. 4.1).

Основними вузлами консольного горизонтально-фрезерного верстата є основа, станина, консоль, стіл, хобот. Основа являє собою порожнистий чавунний відливок, внутрішня порожнина якого використовується як резервуари систем змащування й охолодження. У станині розміщується коробка швидкостей і селективний механізм її керування. Різальний інструмент для виконання більшості видів робіт установлюється на оправці, що одним кінцем закріплюється в конусний отвір шпинделя (з конусністю 7:24), а інший її кінець підтримується підшипником, що знаходиться в серзі, установлюваній на хоботі. Великі оброблювані деталі закріплюються безпосередньо на столі верстата за допомогою притискних пристроїв. Невеликі деталі встановлюються в машинних лещатах чи спеціальних пристосуваннях. В разі необхідності ділити заготовку на кілька рівних частин застосовують універсальну ділильну головку. Стіл установлений на консолі верстата і може одержувати подовжнє, поперечне і разом з консоллю вертикальне переміщення. Він може бути повернутий навколо своєї вертикальної осі на кут $\pm 45^\circ$, що дозволяє обробляти гвинтові канавки і косозубі циліндричні шестірни. Завдяки наявності поворотного стола верстат називається універсальним. Коробка подач верстата розташовується в консолі і має окремий привід. Там же знаходиться селективний механізм перемикання подач.

4.4.4 Кінематична схема верстата (рис. 4.3).

Коробка швидкостей.

Головний рух в верстаті здійснюється від електродвигуна потужністю 7 кВт через напівжорстку муфту, два потрійних та один подвійний блоки зубчастих коліс. Розгорнуте рівняння кінематичного ланцюга приводу обертання шпинделя має вигляд:

$$1460 \cdot \frac{26}{54} \left(\frac{27}{32} \frac{39}{26} \frac{82}{38} \right) \left(\frac{19}{35} \frac{27}{37} \frac{19}{69} \right) \left(\frac{16}{39} \frac{18}{46} \right) = 31,5 \cdot 1600 \text{ хв}^{-1}$$

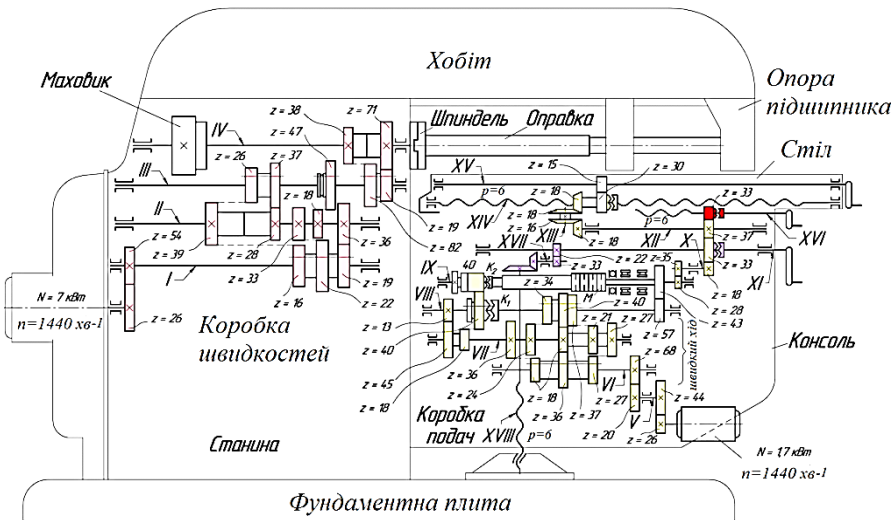


Рисунок 4.3 - Кінематична схема верстата

Схема селективного механізму керування коробкою швидкостей наведена на рисунку 4.4. Для перемикавання швидкості необхідно рукоятку 28 повернути на себе за стрілкою *a*. При цьому сектор 25 пересуне рейку 7, а разом з нею вилку 24, порожній вал 23 і

перемикаючі диски 21 і 22 вправо. Перемикаючі диски вийдуть з контакту зі стрижнями 20, поміщеними в отворах рейок 11 і 18.

Після цього потрібно повернути лімб 1 до співпадання необхідної цифри частоти обертання шпинделя, нанесеної на лімбі, зі стрілкою *B* на нерухомій частині механізму. Лімб 1 з'єднаний з втулкою 2, що закріплена на кінці вала 6. Останній жорстко з'єднаний з конічною шестірнею 8, що знаходиться в зачепленні з конічним колесом 10, зв'язаним напрямною шпонкою з валом 23. Отже, обертанням лімба 1 обертаються і перемикаючі диски, що займають визначене положення щодо стрижнів 20 рейок 11 і 18 відповідно до обраної швидкості. Кулька 5 під дією пружини 3 зафіксує встановлене положення перемикаючих дисків. Диски 21 і 22 мають отвори σ розташовані у визначеному порядку. Кожній частоті обертання шпинделя відповідає своє розташування отворів на дисках. Під час повороту дисків 21 і 22 відбувається вибір необхідної швидкості, при цьому проти стрижнів 20 рейок 18 і 11 на диску розташовується необхідна для даної частоти обертання комбінація отворів. Поворот рукоятки 28 за стрілкою *б* викликає переміщення перемикаючих дисків у напрямку стрілки *д*, диск 21 упреться в стрижень 20 однієї з рейок 18 чи 11, перемістить рейки, повернувши при цьому шестірню

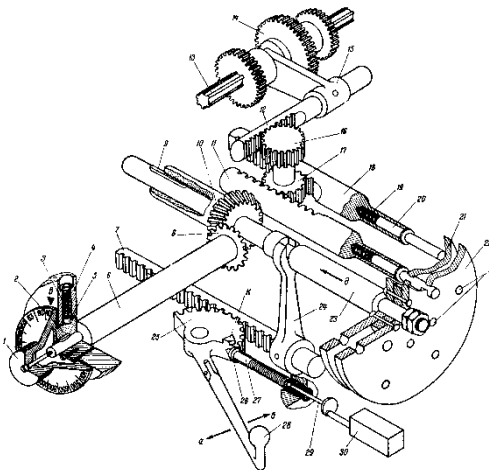


Рисунок 4.4 – Схема механізму керування коробкою швидкостей

17, що зачіпається з ним. Одночасно із шестірнею 17 повернеться шестірня 16, що сидить з нею на одній осі, у зв'язку з чим переміститься рейка з перемикаючою вилкою 15. Остання входить у кільцевий паз блоку шестірень 14 і в своєму русі переміщує блок уздовж вала 13, здійснюючи перемикання частоти обертання.

Якщо блок 14, як показано на схемі, знаходиться в крайнім

лівому положенні, рейка 11 висунеться вперед, а рейка 18 буде знаходитися в заднім крайнім положенні. Для перемикання блоку в крайнє праве положення на перемикаючих дисках проти рейки 18 повинен бути розташований наскрізний отвір, а проти рейки 11 отвору не буде. Тоді при переміщенні дисків у напрямку стрілки δ торець диска 21 упреться в циліндричний стрижень рейки 11 і перемістить блок 14 у крайнє заднє положення. Стрижень 20 рейки 18 ввійде в отвір, що знаходяться проти його у дисках 21 і 22.

Для перемикання блоку шестерень у середнє положення проти обох рейок повинні знаходитися отвори диска 21, а диск 22 проти стрижнів рейок отворів мати не буде.

Механізм має три пари рейок, стільки, скільки коробка швидкостей має пересувних блоків.

Для полегшення перемикання швидкостей і пом'якшення ударів стрижні 20 рейок передають зусилля на рейки через пружини 19. З цією ж метою разом із сектором 25 виготовлений кулачок, що при перемиканні блоків шестерень, впливаючи на поштовхову кнопку 30, повідомляє короткочасне обертання електродвигуну й елементам привода шпинделя.

Коробки подач (рис.4.3).

Коробки подач верстата змонтована в порожнині консолі. Окремий електродвигун через шестірні 26:44 і 20:68 передає рух коробці подач, що складається з двох потрійних блоків 18-36-27 і 34-40-37 і переборного механізму. Далі дев'ять частот обертання вала VIII в правому положенні шестірні 40 і включеній муфті K_1 передаються широкому колесу 40 безпосередньо. При переміщенні рухливої шестірні 40 уліво кулачкова муфта K_1 виключається і рух на широку шестірню 40 передається через колеса 13-45 і 18-40-40.

Таким чином, при незмінному числі обертів електродвигуна зубчасте колесо 40 за рахунок коробки подач може одержати 18 різних частот обертання.

Від широкого колеса 40 при включеній муфті K_2 рух передається валу IX і далі через шестірні 28-35 і 18-33-37-33 механізмам подовжньої, поперечної і вертикальної подач стола.

Рівняння кінематичного ланцюга подовжньої подачі для мінімального її значення буде мати вигляд:

$$S_{\text{под.}} = 1430 \cdot \frac{26}{44} \cdot \frac{20}{68} \cdot \frac{18}{36} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{13}{45} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{37} \cdot \frac{18}{16} \cdot \frac{18}{18} \cdot 6 = 26 \text{ мм/хв.}$$

Для установки необхідної величини подачі на верстаті застосований селективний механізм, подібний описаному вище механізму коробки швидкостей.

Для приводу ділильних пристосувань (накладного круглого стола, ділильної головки й інше) служить встановлений у столі вал, що одержує привід від ходового гвинта подовжньої подачі через передачу 30:15.

Швидкі переміщення стола у всіх напрямках здійснюються при ввімкненні електромагнітної багатодискової фрикційної муфти M вала IX. При цьому кулачкова муфта K_2 робочого ходу автоматично вимикається. Рух від електродвигуна на вал IX передається по скороченому кінематичному ланцюзі через зубчасті колеса 26-44-57-43. Далі обертання до гвинтів подовжнього, поперечного чи вертикального переміщення передається раніше розглянутими шляхами.

Швидкість швидких переміщень стола в подовжньому напрямку визначається виразом:

$$S_{\text{под. шв}} = 1430 \frac{26}{44} \frac{44}{57} \frac{57}{43} \frac{28}{35} \frac{18}{37} \frac{18}{16} \frac{18}{18} \cdot 6 = 2960 \text{ мм/хв.}$$

Реверсування робочих і установлювальних рухів стола здійснюється реверсуванням електродвигуна подачі.

5.5 Ділильні головки

5.5.1 Призначення і типи ділильних голівок.

Ділильні головки застосовують на фрезерних верстатах для виконання робіт, пов'язаних з періодичним поворотом заготовок для ділення кола на рівні чи нерівні частини і для безупинного обертання заготовок під час обробки гвинтових канавок. Крім того, ділильні головки можуть бути застосовані для контролю і розмітки, пов'язаних з поворотом на задану величину.

Ділильні головки бувають таких типів: прості головки для простого і безпосереднього ділення, універсальні головки з лімбом, універсальні безлімбові й оптичні.

Універсальні ділильні головки призначені головним чином для виготовлення різального інструменту: свердел, зенкерів, розгортки, фрезерування циліндричних зубчастих коліс із прямим і гвинтовим зубом методом копіювання, конічних шестірень із прямим зубом, фрезерування торцевих зубчастих муфт, різних кулачків, а також для виконання багатьох інших видів робіт.

За допомогою ділильної головки можна виконати ділення кола на будь-яке число частин до 400 і деякі числа понад те.

Обробка деталей із застосуванням ділильної головки може виконуватися в центрах, у патроні чи на оправці.

Ділильні головки для фрезерних верстатів поділяються на такі основні типи:

лімбові головки для прямого ділення, що виконують ділення за допомогою встановленого на шпинделі спеціального ділильного диска (лімба), який має обмежену кількість отворів чи пазів;

лімбові головки для непрямого ділення, що виконують ділення, за допомогою спеціального ділильного лімба, що має концентрично розташовані отвори; головка допускає ділення на різне число частин у широких межах;

безлімбові головки, що виконують ділення за допомогою набору зубчастих коліс, що додаються до головки;

оптичні головки, що виконують ділення за допомогою точних оптичних шкал і служать, головним чином, для точного ділення і контрольних операцій.

5.5.2 Універсальна лімбава головка (рис.4.5).

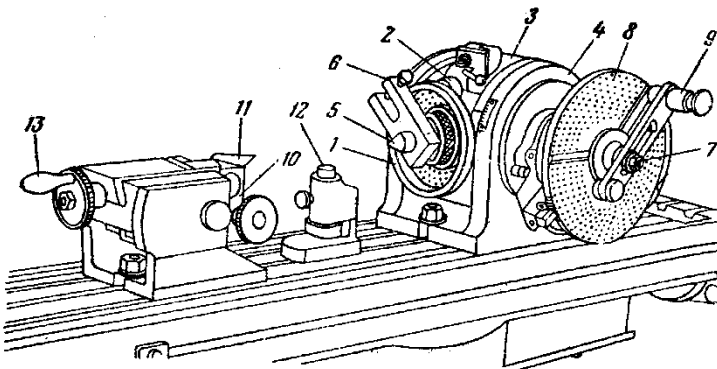


Рисунок 4.5. - Комплект універсальної ділильної головки

Конструкція головки.

До комплекту універсальної лімбової ділильної головки входять такі вузли і приладдя:

- ділильна головки 3;
- задня бабка 10;
- люнет 12;
- передній центр ділильної головки 5;
- півцентр задньої бабки 11;
- хомутик 6;
- ділильний диск (лімб) 8;
- рукоятка ділильного диска з фіксатором 9.

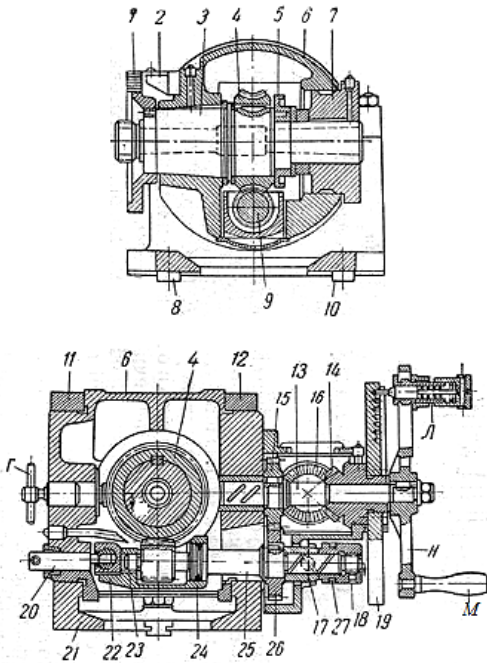


Рисунок 4.6 – Конструкція універсальної ділильної головки

Ділильна головка УДГ-Н-160 (рис. 4.6) має чавунну основу 21 зі стяжними дугами 11 і 12, на якій встановлений поворотний корпус 6. Корпус 6 може бути повернутий навколо горизонтальної осі вниз на -10° і догори на $+100^\circ$.

Дві паралельних шпинделю шпонки 8 і 10 служать для точної установки головки в пазу стола фрезерного верстата. У корпусі розташований шпиндель 3 з наскрізним отвором. Кінці шпинделя розточені на конус Морзе. В передньому кінці встановлюється центр, в задньому - оправлення для диференціального ділення.

Робочий кінець шпинделя має різь і центрувальний поясок для установки і кріплення фланця з патроном або повідця. На буртику шпинделя встановлений лімб 1 безпосереднього поділу, що має

двадцять чотири отвори. На шпинделі жорстко закріплене на шпонці черв'ячне колесо 4, що знаходиться в зачепленні з черв'яком 9, через який на черв'ячне колесо передається обертання від рукоятки М.

При повороті ексцентрика 20 на 180° черв'як виводиться з зачеплення з черв'ячним колесом, що необхідно для виконання безпосереднього ділення. На маточині шестірні 14 установлений ділильний диск 19, на якому виконано по 8 рядів отворів з кожного боку. На кінці валу 13 закріплена рукоятка М з фіксатором Л.

Коротка технічна характеристика головки УДГ Н-160.

Висота центрів, мм	160
Конус у шпинделі ділильної головки	Морзе № 4
Найбільший кут повороту шпинделя у вертикальній площині, град	+ 100; - 10
Діаметр отвору в шпинделі, мм	26,5
Передавальне відношення черв'ячної пари	1 : 40
Число отворів у ділильному диску (лімбі)	
з одного боку	16; 17; 19; 21; 23; 29; 30; 31,
з іншої боку	33; 37; 39; 41; 43; 47; 49; 54.
Ціна ділення на диску безпосереднього ділення, град.	1
Число зубів змінних шестірень	25; 25; 30; 35; 40; 50; 55; 60; 70; 80; 90, 100

5.5.3 Способи ділення на УДГ.

Безпосереднє ділення.

Для безпосередньому діленні однозахідний черв'як поворотом ексцентрика 20 (рис. 4.6) виводять із зачеплення з черв'ячним колесом 4. Поворот шпинделя здійснюється від руки обертанням диска безпосереднього ділення чи патрона. Відлік кута повороту здійснюється за допомогою отворів, просвердлених на тильній стороні диска 1.

Ділення можливе, якщо число отворів на диску ділиться без залишку на знаменник дробу, що показує величину заданого повороту шпинделя. Так, наприклад, якщо число отворів на диску 1, дорівнює 24, можна розділити коло на 2, 3, 4, 6, 8, 12 чи 24 частини. Фіксацію шпинделя після повороту на заданий кут виконується фіксатором 2, що входить в отвір диска 1.

Просте ділення.

Просте ділення застосовують тоді, коли на лімбі можна підібрати концентричне коло для відліку. Черв'як $k=1$ (рис.4.7, а) вводиться в зачеплення з черв'ячним колесом $Z=40$. Лімб D за допомогою засувки $З$ закріплюють нерухомо щодо корпусу головки. Поворот рукоятки M відраховують по отворах на лімбі. На рукоятці M (рис.4.6) змонтований пружинний штифт L , що може бути введений у будь-який отвір лімба. Для установки штифта на те чи інше коло лімба рукоятка M оснащена пазом, що дозволяє радіально встановлювати її щодо валика, на кінці якого вона закріплена. Це дозволяє пружинний штифт L встановлювати проти будь-якого ряду отворів на лімбі.

Поворот шпинделя головки на $1/Z$ частину (Z — число частин, на котре необхідно виконати ділення) повинний бути зроблений за n поворотів рукоятки M (рис.4.7, а). Для розрахунку числа обертів рукоятки для кожного ділення вводять поняття характеристики головки N , що визначається числом обертів рукоятки M за один повний оберт шпинделя.

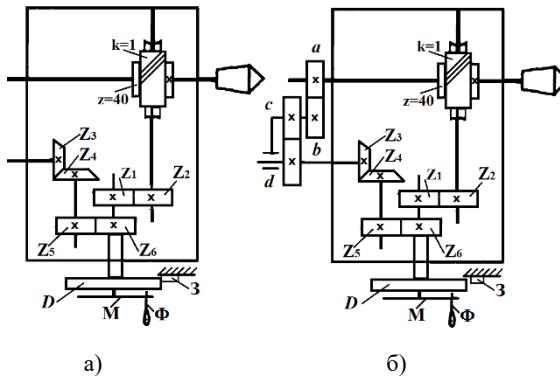


Рисунок 4.7 - Налаштування ділильної головки на просте і диференціальне ділення

Таким чином, характеристика головки N - це величина, зворотна передавальному відношенню черв'ячної передачі головки, тобто це відношення числа зубів черв'ячного колеса до числа заходів черв'яка. У сучасних ділильних головках зазвичай $N = 40$.

Таким чином, у простому діленні рукоятка за одно ділення здійснює

$$n_{\text{об.рук.}} = \frac{N}{Z} = \frac{40}{Z} = a + \frac{P}{q}, \text{ об;}$$

де a - ціле число обертів рукоятки;

q - число отворів в одному з рядів лімба;

P - число проміжків між отворами, на яке треба додатково до цілого числа обертів a повернути рукоятку, таким чином, для простого ділення

$$\frac{P}{q} \text{ об. рукоятки} \rightarrow \frac{1}{Z} \text{ об. шпинделя,}$$

$$\text{або } \frac{P}{q} \cdot \frac{1}{K} = \frac{1}{Z}, \text{ звідки } \frac{P}{q} = \frac{K}{Z} = \frac{40}{Z},$$

де Z - число частин, на яке треба поділяти коло.

Приклад. Нарізати зубчасте колесо з числом зубів $Z = 23$.

$$\frac{P}{q} = \frac{40}{23} = 1 + \frac{17}{23}.$$

Після нарізування кожного зуба рукоятку необхідно повернути на один повний оборот і на 17 проміжків по ряду з числом отворів 23.

Для зручності відліку числа кроків між отворами лімба головка забезпечується сектором, що вільно обертається на осі рукоятки. Лапки сектора розсовуються настільки, щоб кут, утворений внутрішніми крайками їх, охоплював потрібне число кроків між отворами. Після цього лапки скріплюються гвинтами, щоб вони зберігали незмінне відносне розташування за будь-якому повороту сектора.

Якщо ділення кола задано кутом α° між осями Z канавок, що фрезеруються ,

$$Z = 360^\circ / \alpha^\circ,$$

тоді формула настроювання головки буде мати вигляд

$$\frac{P}{q} = \frac{\alpha}{9}.$$

Приклад. Фрезерувати канавки, розташовані на колі деталі під кутом $\alpha = 16^\circ 20'$

$$\alpha = 16^{\circ} 20' = 16 \frac{1}{3}^{\circ} = \frac{49}{3}^{\circ}$$

$$\frac{P}{q} = \frac{\alpha}{9} = \frac{49}{9 \cdot 3} = 1 + \frac{22}{27} = 1 + \frac{44}{54}$$

Після фрезерування кожної канавки рукоятку треба повернути на один повний оборот і на 44 отвори на ділильному кола з числом отворів 54.

Диференціальне ділення.

Спосіб диференціального ділення застосовують у тих випадках, коли просте ділення здійснити неможливо, тобто коли не можна підібрати диск із потрібним для простого ділення числом отворів. В цьому способі ділення черв'як вводять у зачеплення з черв'ячним колесом, ділильний диск звільняють від засувки і необхідний поворот шпинделя головки одержують як алгебраїчну суму двох поворотів (рис.4.7, б): повороту рукоятки M щодо ділильного диска D і повороту самого ділильного диска, якому цей рух повідомляється примусово від шпинделя ділильної головки через гітару змінних коліс a/b c/d . У залежності від налагодження ділильний диск може обертатися в той самий бік, що і рукоятка чи в протилежний.

Для диференціального ділення число обертів рукоятки M налаштовують так само, як і для простого ділення, але не на необхідне число ділень Z , а на близьке до нього число ділень Z_{ϕ} (фіктивне), що дозволяє підібрати диск із потрібним для ділення на Z частин числом отворів. Похибка налаштування, що виникає, компенсується налаштуванням диференціальної гітари.

На рисунку 4.8 показана схема положення рукоятки щодо ділильного лімба в процесі диференціального ділення. Формулу налаштування головки на цей вид ділення одержимо з таких міркувань.

За один цикл ділення ділильний лімб повинен повернутись на величину похибки простого ділення

$$1/Z \text{ об. шпинделя} \rightarrow \left(\frac{P}{q} - y \right) \text{ об. ділильного лімба.}$$

Величиною налаштування головки на фіктивне число ділень Z_{ϕ} задаємося

$$y = 40/Z_{\phi}$$

$$\text{Тоді } \frac{1}{Z} \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_2 = \frac{P}{q} \cdot y = \frac{40}{Z} - \frac{40}{Z_\phi};$$

$$\text{звідки } i_1 = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40}{Z_\phi} \cdot (Z_\phi - Z); \quad i_2 = i_3 = 1$$

Напрямок обертання лімба щодо рукоятки буде залежати від обраного значення Z_ϕ . Якщо $Z_\phi > Z$, то передавальне відношення i_2 буде додатнім і напрямком обертання лімба повинний збігатися з напрямком обертання рукоятки. При від'ємному значенні i_2 лімб і рукоятка повинні обертатися в протилежних напрямках. Для цього в гітарі змінних коліс i_2 необхідно установити паразитне колесо.

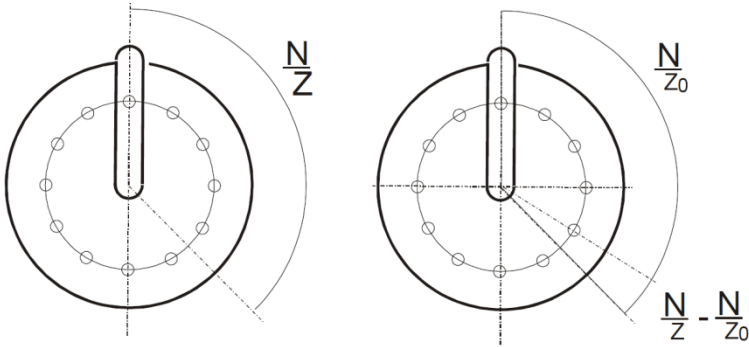


Рисунок 4.8 - Схема диференціального ділення

Після вибору Z_ϕ і визначення передавального відношення змінних зубчастих коліс слід підібрати числа зубів коліс a , b , c , d , і перевірити їх зчіплюваність:

$$a+b-c \geq 17;$$

$$d+c-b \geq 17.$$

Приклад. Нарізати шестірню з числом зубів $Z = 109$. Задаємося $Z_\phi = 110$.

Настроювання ділильного диска

$$y = \frac{40}{110} = \frac{4}{11} = \frac{12}{33}$$

Настроювання гітари

$$i_2 = 40 \cdot \frac{110-109}{110} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11};$$

$$i_2 = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{40}{55} \cdot \frac{30}{60}$$

Налаштування ділильної головки на фрезерування гвинтових канавок (рис. 4.9).

Для фрезерування гвинтових (спіральних) канавок стіл верстата необхідно повернути відносно осі шпинделя на кут гвинтової канавки β проти годинникової стрілки для правозаходних канавок чи за годинниковою стрілкою для лівозаходних канавок. Кут β визначається за виразом

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi \cdot D}{T},$$

де D - діаметр заготовки, мм;

T - крок гвинтової канавки, мм.

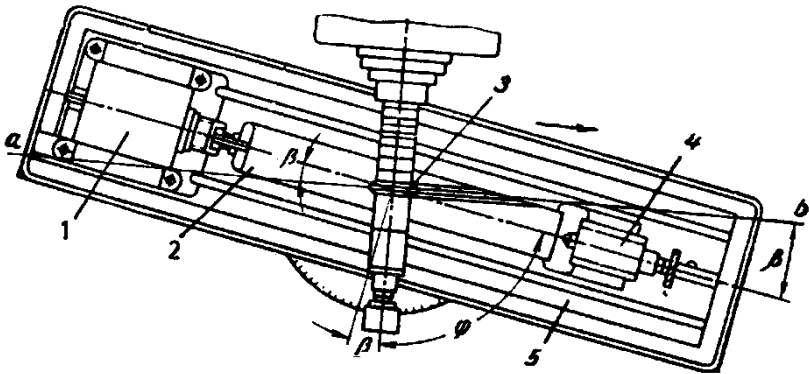


Рисунок 4.9 - Установа стола для фрезерування гвинтових канавок

У процесі обробки заготовка отримує складний рух, що складається з поступального прямолінійного (уздовж її осі) і обертального (навколо тієї ж осі). Поступальний рух заготовка одержує разом зі столом, а обертальний - від ходового гвинта стола верстата $p_{х.з.}$ через змінні зубчасті колеса (рис. 4.10), зубчасті передачі i_3 та i_2 на лімб, фіксатор рукоятки М знаходиться в отворі лімба. Рукоятка М обертається спільно з лімбом і передає рух на шпиндель головки через зубчасту передачу i_1 та черв'ячну передачу. За час переміщення стола на крок T гвинтової канавки шпиндель головки повинний зробити один повний оберт,

або $\frac{T}{p_{x.e}}$ об. ходового гвинта \rightarrow 1 об. шпинделя,

де $p_{x.e}$ – крок ходового гвинта подовжньої подачі.

Звідси

$$\frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{40 \cdot p_{x.e.}}{T}.$$

Дільний поворот заготовки здійснюється за допомогою рукоятки M після обробки однієї з канавок методом простого ділення.

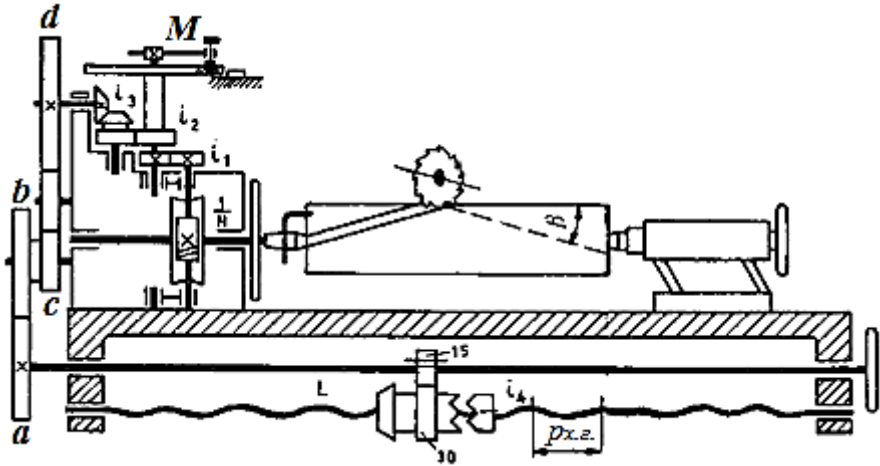


Рисунок 11.10 - Налаштування верстата на фрезерування гвинтових канавок

Приклад. Нарізати циліндричне косозубе колесо з параметрами $Z=30$, $m=3$ мм, крок гвинтової лінії $T = 450$ мм, крок ходового гвинта верстата $p_{x.e.} = 6$ мм.

Налаштування гітари повороту заготовки

$$i' = \frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{40 p_{x.e.}}{T} = \frac{40 \cdot 6}{450} = \frac{8}{15} = \frac{2}{5} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{60}{50} \cdot \frac{40}{90}$$

Налаштування дільного диска

$$\frac{P}{q} = \frac{40}{Z} = \frac{40}{30} = 1 + \frac{1}{3} = 1 + \frac{10}{30}.$$

Кут установки стола

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi D}{T} = \frac{\pi m Z}{T} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 30}{450} = 0,6283$$

$$\beta = 32^{\circ} 8'.$$

4.5.3 Оптична ділильна головка.

Оптичні ділильні головки застосовують для особливо точного ділення, а також для перевірки точності нанесення кругових шкал. Принцип роботи головок полягає в наступному (рис. 4.11). Шпиндель головки обертається за допомогою рукоятки через черв'ячну пару 9-7. На шпинделі головки встановлений скляний диск 4, що має шкалу з ціною ділення 1'.

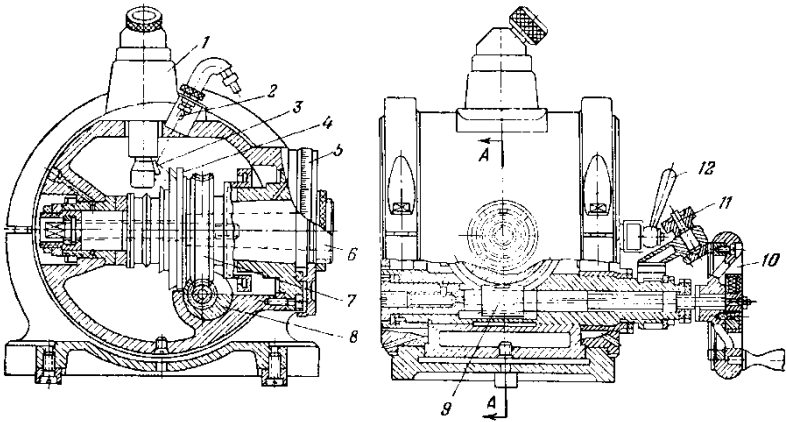


Рисунок 4.11 - Оптична ділильна головка

Зверху на корпусі розташована оптична система з окуляром 1, через яку ведуть спостереження за шкалою диска 4. Шкала освітлюється природним світлом через вікно 2 за допомогою дзеркала 3. Ділення диска 4 проєктуються на шкалу, поміщену в окулярі з ціною ділення, рівною 1', на якій відраховують градуси і мінути.

Недоліком оптичних ділильних голівок є неможливість використання їх при фрезеруванні гвинтових канавок. Крім того, при послідовних поворотах похибка установки кутів підсумовується, тому

виникає необхідність попереднього складання повної таблиці кутів для всіх поворотів шпинделя головки.

4.6 ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

4.6.1 Рівняння кінематичного ланцюга привода головного руху горизонтально-фрезерного верстата для визначення $n_{шп. min}$ і $n_{шп. max}$.

4.6.2 Рівняння кінематичного ланцюга привода подачі для визначення $S_{под. max}$, $S_{п. min}$, $S_{в. max}$.

4.6.3 Кінематичну схему налаштування універсальної лімбової ділильної головки для виконання диференціального ділення.

4.6.4 Кінематичну схему налаштування універсальної лімбової ділильної головки для фрезерування гвинтових канавок на різальних інструментах.

4.6.5 Розрахунок заданого налаштування ділильної головки (додаток А, табл. А.1 та А.2).

4.7 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

4.7.1 Поясніть, чому привод подачі на фрезерних верстатах можна здійснювати від окремого електродвигуна, а не від шпинделя, як це робиться на верстатах токарної групи?

4.7.2 Перелічіть види робіт, що виконуються на універсальних горизонтально-фрезерних верстатах.

4.7.3 Чим відрізняється універсальний горизонтально-фрезерний верстат від простого горизонтально-фрезерного верстата?

4.7.4 Пояснити принцип роботи і особливості налаштування лімбової ділильної головки для виконання простого ділення, диференціального ділення, фрезерування гвинтових канавок.

4.8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Обладнання та транспорт механоскладальних цехів” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” освітня програма “Технологія машинобудування” усіх форм навчання. /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2024. - 154 с.

1. Шевченко О.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення машинобудівних виробництв. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Конструювання та дизайн машин»

спец. 131 Прикладна механіка / О.В. Шевченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 253 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Варіанти завдань для налаштування ділильної головки на диференціальне ділення

Номер варіанта	Число зубів Z	Номер варіанта	Число зубів Z
1	67	6	89
2	87	7	194
3	99	8	253
4	113	9	93
5	147	10	157

Таблиця А.2 - Варіанти завдань для налаштування ділильної головки для фрезерування гвинтових канавок

Номер варіанта	Число зубів	Кут нахилу зубів	Модуль
1	50	19°5′	5
2	48	22°	2
3	65	45°	3
4	70	40°27′	4
5	30	30°	6
6	40	53°5′	5
7	35	44°25′	4
8	50	30°	4
9	65	23°55′	4
10	80	30°	5

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Комплекти змінних коліс, що рекомендуються для груп верстатів

Токар- них	фрезер- них	затилу- вальних	зубооб- робних	токар- них	фрезер- них	затилу- вальних	зубооб- робних
1	2	3	4	5	6	7	8
20	20	20	20	65		65	65
	—	21	21	—	—	66	66
—		22	22		—	67	67
		23	23	68		68	68
24	—	24	24			69	69
25	25	25	25	70	70	70	70
—	—	26	26	71	—	71	71
	—	27	27	72	—	72	72
28	—	28	28	—	—	73	73
—	—	29	29	—		74	74
30	30	30	30	75		75	75
—	—	31	31	76		76	76
82	—	32	32	—		77	77
—	—	33	33	—	—	78	78
—	—	34	34	—	—	79	79
—	35	35	35	80	80	80	80
36	—	36	36	—		81	81
—	—	37	37			82	82
—	—	38	38	—		83	83
—	—	39	39	—	—	84	84
40	40	40	40	85	—	85	85
-	—	41	41	—	—	86	86
—	-	42	42	—		87	87
—	—	43	43	—	—	88	88
44	-	44	44	—	—	89	89
45	—	45	45	90	90	90	90
—	—	46	46			91	91
—	—	47	47	—		92	92
48	—	48	48	—	—	98	93
—	—	49	49	—		94	94
50	50	50	50	95		95	95
-	-	51	51		—	96	96

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
—	—	52	52	—	—	97	97
-	-	53	53	—	—	98	98
—	—	54	54	—	—	99	99
55	55	55	55	100	100	100	100
—	—	56	56	—	—	105	105
—	—	57	57	—	—	108	—
—	—	58	58	110	—	110	110
—	—	59	59	—	—	112	—
60	60	60	60	113	—	113	113
-	—	61	61	—	—	—	115
-	—	62	62	120	—	120	120
-	-	63	63	127	—	127	127
		64	64				