

Довгополов А. Ю., Нешта А. О., Колесник В. О.

**ОБЛАДНАННЯ І ТРАНСПОРТ
МЕХАНООБРОБНИХ ЦЕХІВ
(лабораторний практикум)**

Навчальний посібник

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Довгополов А. Ю., Нешта А. О., Колесник В. О.

**ОБЛАДНАННЯ І ТРАНСПОРТ
МЕХАНООБРОБНИХ ЦЕХІВ
(лабораторний практикум)**

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми
Сумський державний університет
2023

УДК: 621.912

Рецензенти:

В. Б. Тарельник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічного сервісу Сумського національного аграрного університету;
В. О. Іванов – доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» Сумського державного університету

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 8 від 09 лютого 2023 р.)*

Довгополов А. Ю.

Д58 Обладнання і транспорт механообробних цехів :
навчальний посібник / А. Ю. Довгополов А. О. Нешта,
В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет,
2023. – 96с.

Навчальний посібник складається з чотирьох тем. Тематика робіт пов'язана зі здобуттям знань і набуттям навичок читачами, які вивчають особливості використання обладнання для механообробних цехів. На прикладі токарно-гвинторізного верстата з ЧПК 16K20T1.01 розглянуті конструкція й кінематика верстатів токарної групи, широко використовуваних у механообробних цехах. Запропоновані методики налагодження верстатів фрезерної групи та технологічної оснастки. Також звернено увагу на особливості конструкції й кінематики зубообробних верстатів на прикладі верстата 5140. Надана інформація про налагодження зубофрезерного верстата 5B312 для нарізування циліндричних зубчастих коліс. Наведені завдання для самостійного опрацювання та список використаних джерел.

Видання призначене для студентів усіх форм навчання, які вивчають курс «Обладнання і транспорт механообробних цехів».

УДК:621.912

© Сумський державний університет, 2023
© Довгополов А. Ю., Нешта А. О.,
Колесник В. О., 2023

ЗМІСТ

	С.
1	
1 КОНСТРУКЦІЯ ТА КІНЕМАТИКА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА 16К20Т1.01	6
1.1 Мета роботи	6
1.2 Призначення та сфера використання верстата	6
1.3 Основні вузли верстата	7
1.4 Органи управління верстатом	10
1.5 Технічна характеристика верстата	13
1.6 Аналіз кінематичної схеми верстата	15
1.7 Зміст звіту	22
2 НАЛАГОДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА Й ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ	23
2.1 Мета роботи	23
2.2 Методи нарізання зубчастих та інших поверхонь	23
2.3 Кінематика верстата бп80	30
2.4 Опис руху ділення	31
2.5 Принцип налагодження ділильної головки	33
2.6 Порядок виконання роботи	37
2.7 Зміст звіту	37
3 КОНСТРУКЦІЯ ТА КІНЕМАТИКА ЗУБООБРОБНОГО ВЕРСТАТА 5140	38
3.1 Мета роботи	38
3.2 Призначення та сфера використання верстата	38
3.3 Загальний вигляд та основні вузли верстата	39
3.4 Конструкція окремих вузлів верстата	40
3.5 Аналіз кінематичної схеми верстата	43
3.6 Елементи налагодження верстата 5140	49
4 НАЛАГОДЖЕННЯ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА 5В312 НА НАРІЗАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОЛІС	52
4.1 Мета роботи	52

4.2 Призначення та сфера використання зубофрезерного верстата 5В312	52
4.3 Налагодження верстата на нарізання прямозубих циліндричних коліс	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТОК А	85
ДОДАТОК Б	88
ДОДАТОК В	89
ДОДАТОК Г	92
ДОДАТОК Д	96

1 КОНСТРУКЦІЯ ТА КІНЕМАТИКА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА 16К20Т1.01

1.1 Мета роботи

Вивчити призначення й раціональну сферу використання верстата 16К20Т1.01, його основні вузли та органи керування, кінематичну схему, конструкцію й принципову дію робочих органів, а також окремі прийоми керування ним.

1.2 Призначення та сфера використання верстата

Токарний верстат з оперативною системою числового програмного керування (ЧПК) моделі 16К20Т1.01 (рис.1.1) використовують для токарного оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим або криволінійним профілем різної складності, а також для оброблення гвинтових поверхонь типу різі (кінематичних, арматурних, трубних та ін.) і шнеків.

Раціональна сфера використання верстата – одиничне й дрібносерійне виробництво деталей [1].

Система ЧПК перетворює верстат на гнучке обладнання, забезпечує можливість його використання для оброблення різних деталей. Програму управління закладають у пам'ять ЧПК з клавіатури пульта ЧПК або зовнішньої пам'яті.

Клас точності верстата – П. Це дає змогу оброблювати деталі з допусками 6-го й 7-го квалітетів точності, а також різьби 5-го, 6-го, 7-го, 8-го класів точності.

Верстат моделі 16К20Т1.01 загального призначення, але може бути виконаний за спеціальним замовленням (наприклад, із подовженою станиною).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд
токарного верстата 16К20Т1.01

1.3 Основні вузли верстата

Бакалавр із машинобудування, який експлуатуватиме металорізальні верстати, повинен знати їх основні вузли. Під час виконання лабораторної роботи студенти за допомогою викладача побригадно спочатку побіжно ознайомлюються з верстатом, а потім виконують креслення (ескізне) його вигляду зовні, як це зображено на рисунку 1.2. Після виконання креслення та пояснень до нього також побригадно вивчають основні вузли верстата поряд із верстатом.

Завдання 1. Накреслити в журналі звітів із лабораторних робіт вигляд верстата зовні згідно з рисунком 1.2.

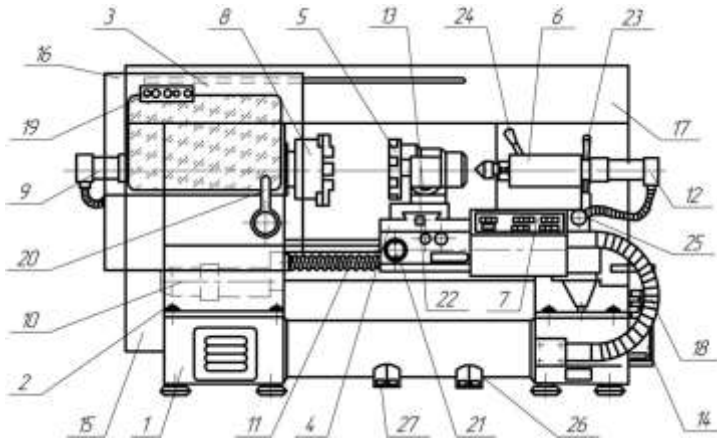


Рисунок 1.2 – Основні вузли та органи управління токарного верстата 16К20Т1.01:

- 1 – основа, на якій розміщені окремі вузли й агрегати;
- 2 – станина; 3 – шпindelьна бабка;
- 4 – супорт; 5 – шестипозиційний рiзцетримач;
- 6 – задня бабка; 7 – клавішний пульт ЧПК; 8 – патрон;
- 9 – електропривід патрона; 10 – привід подовжнього переміщення супорта; 11 –ходовий гвинт (кулькова гвинтова передача); 12 – електропривід пінолі задньої бабки; 13 – електропривід рiзцетримача;
- 14 – маслостанція; 15 – захисний кожух пасових передач;
- 16 – захисний екран; 17 – електрообладнання;
- 18 – захисний металорукав для електрокомунікацій [2]

Для кращого ознайомлення з верстатом на рисунку 1.3 подані його окремі вузли. Крім того, на ньому наведені вузли, розміщені із заднього боку верстата.

Завдання 2. Порівняти вузли на рисунках 1.2 і 1.3, знайти розбіжності між ними, якщо вони є, та дати пояснення. Визначити, що зображено на кожному фото рисунка 1.3, знайти відповідні вузли на верстаті.

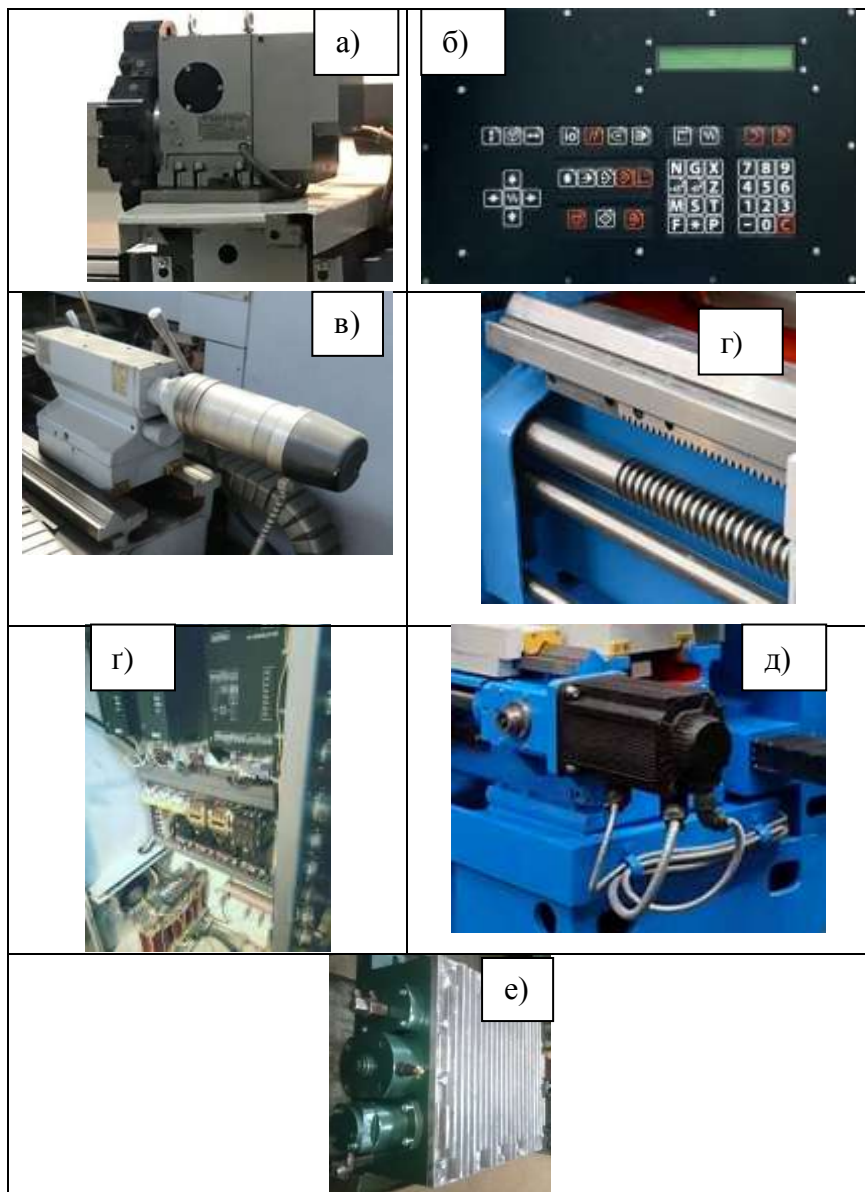


Рисунок 1.3 – Приклади основних вузлів верстата

1.4 Органи управління верстатом

Бакалавр із галузевого машинобудування, який експлуатуватиме металорізальні верстати, повинен також знати їх органи управління. Розміщення органів управління зображене на рисунку 1.2. Перелік цих органів, їх призначення й засоби використання наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Органи управління верстатом 16K20T1.01

№ на рис. 1.2	Орган управління, його призначення	Засіб використання
19	Панель вимикачів	Головний вимикач верстата
20	Рукоятка встановлення діапазонів кількості обертів шпинделя	Положення рукоятки повинне бути згідно з таблицею на верстаті
21	Електронний маховичок (ручний генератор переміщень супорта)	Обертання генератора забезпечує переміщення супорта у двох напрямках: X, Z
22	Квадрат гвинта поперечного переміщення супорта	Обертання за та проти годинникової стрілки забезпечує переміщення супорта
23	Рукоятка закріплення задньої бабки	Нахил рукоятки в бік оператора звільняє бабку, від оператора – затискає її на станині
24	Рукоятка закріплення пінолі задньої бабки	Нахил рукоятки вліво забезпечує закріплення пінолі
25	Аварійний вимикач	Забезпечує вимикання всього електрообладнання верстата
26	Педалі керування переміщенням пінолі	Забезпечують рух пінолі ліворуч і праворуч
27	Педалі керування патроном	Забезпечують затискання або розтискання деталей у патроні

Під час виконання роботи необхідно перекреслити таблицю 1.1 та ознайомитися з органами управління безпосередньо на верстаті.

Примітка. Замість трикулачкового на верстаті може бути встановлений повідковий патрон для утримання валів у центрах. Під час виконання лабораторної роботи звернути на це увагу й виконати креслення згідно з тим, що є в цьому разі на верстаті

На рисунках 1.4, 1.5, 1.6 наведені окремі приклади органів управління верстатом відповідно до таблиці 1.1

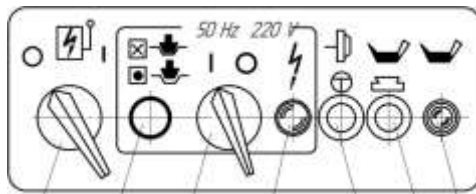


Рисунок 1.4 – Панель вимикачів верстата

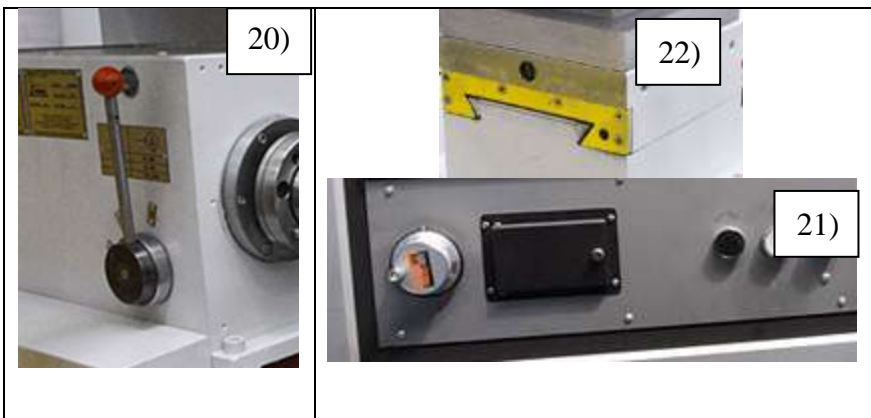


Рисунок 1.5 – Органи управління верстатом (нумерація відповідно до таблиці 1.1)

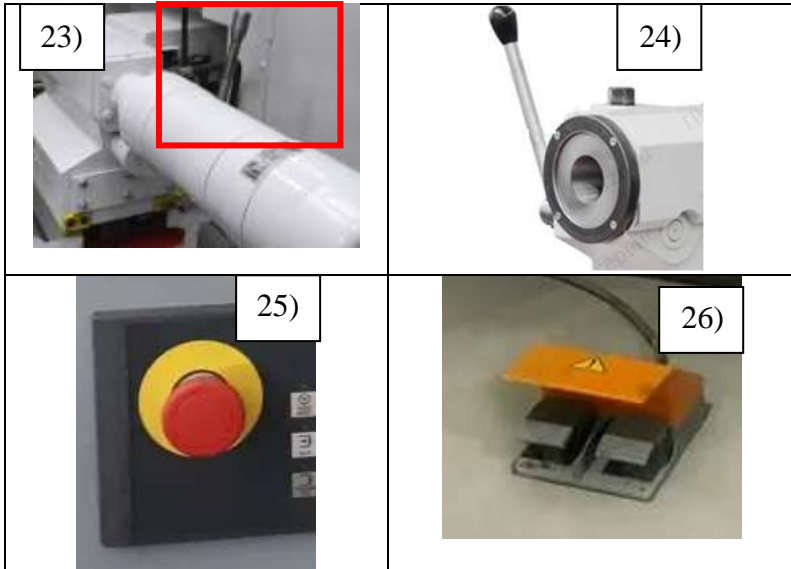


Рисунок 1.5 – Органи управління верстатом
(нумерація відповідно до таблиці 1.1)

Для науково-дослідної роботи на кафедрі, а також технологічної та інших практик доцільно детальніше ознайомитися з панеллю вимикачів (рис. 1.4).

Завдання 3. Накреслити панель вимикачів (рис. 1.6) і записати пояснення, як це зроблено в таблиці 1.2.

Під час креслення панелі вимикачів зверніть увагу на мнемоніку, використовувану для пояснень дії окремих вимикачів.

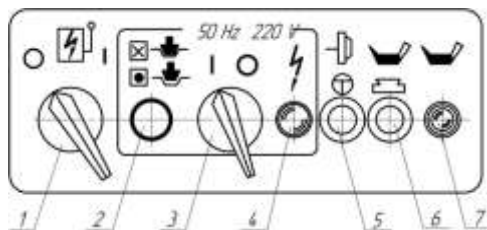


Рисунок 1.6 – Приклад виконання креслення панелі вимикачів верстата

Таблиця 1.2 – Панель вимикачів верстата 16K20T1.01

№ на рис. 1.5	Назва вимикача	Засіб використання
1	Рукоятка вхідного автомата	У правому положенні забезпечує роботу електрообладнання, у лівому – вимикає
2	Механічне блокування	У разі переміщення на себе блокується вхідний автомат
3	Головний вимикач	У разі вмикання забезпечується робота верстата (вмикання)
4	Належність напруги (лампочка)	Під час умикання верстата засвічується зелений ковпачок
6	Змащення напрямних станини	Під час натискання на вимикач автоматично змащуються напрямні
7	Наявність змащення	Світиться жовтий ковпачок

1.5 Технічна характеристика верстата

Вивчення будь-якої машини неможливе без ознайомлення з її технічними характеристиками. Технічна характеристика завжди зазначена в паспорті обладнання (верстата, робота). Але верстат є складним обладнанням, і в його паспорті наведені технічні характеристики різних систем: електрообладнання, ЧПК, змащення та ін. Бакалавр із машинобудування, який експлуатуватиме металорізальні верстати, повинен знати й розуміти параметри їх технічних характеристик. Але технічну характеристику електрообладнання варто вивчати, користуючись електротехнікою й ЧПК, на спецкурсі, тому мета цієї лабораторної роботи – вивчення основної (механічної) характеристики верстата [3].

Завдання 4. У журналі звітів із лабораторних робіт накреслити таблицю 1.3. У ній подані основні параметри

верстата. Їх значення потрібно з'ясувати безпосередньо під час роботи поруч із верстатом і занести до журналу звітів.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика верстата 16K20T1.01

Назва параметра	Значення
1	2
Найбільший діаметр виробу, що може бути розміщений над станиною, мм (заміряти від осі центрів верстата до станини)	
Найбільший діаметр виробу, що може бути розміщений над супортом, мм (заміряти від центра задньої бабки до площини супорта)	
Найбільша довжина виробу, що може бути розміщений над супортом, мм (заміряти між центрами в пінолі та шпинделі)	
Найбільша довжина оброблення, мм (узгодити з п. 3)	
Найбільший діаметр прута, що проходить через отвір шпинделя, мм (заміряти отвір шпинделя)	
Кількість чисел обертів шпинделя: а) разом; б) тих, що не повторюються (з таблиці на верстаті)	
Кількість діапазонів, що вмикає оператор	
Кількість обертів шпинделя, що вмикаються автоматично	
Мінімальна й максимальна частоти обертання шпинделя	
Мінімальна та максимальна частоти обертання шпинделя: I діапазон; II діапазон	
III діапазон (накреслити положення рукоятки)	
Кількість позицій різцетримача	
Найбільша довжина переміщення пінолі задньої бабки (заміряти лише в присутності викладача)	

Продовження таблиці 1.3

1	2
Номери конусів Морзе: - шпинделя; - пінолі задньої бабки	
Модель (марка) системи ЧПК Дискретність переміщень, забезпечуваних системою ЧПК, мм: - поздовжнього; - поперечного	
Діапазон подач, мм/об: - поздовжніх; - поперечних	0,01–2,8 0,005–1,4
Швидкість прискореного руху: - поздовжнього, мм/хв; - поперечного, мм/хв	6 000 5 000
Найбільший крутний момент на шпинделі, Нм	100
Розміри верстата, мм: <i>довжина × ширина × висота</i>	3 175 × 1 700 × × 1 700
Вага верстата, т	4,1

Крім зазначених параметрів, корисно знати певні інші, з інших технічних систем, наприклад:

- кількість двигунів на верстаті – 6 (або7);
- марку мастила для змащення передньої бабки, АКШ і напрямних верстата – «індустріальне» 20;
- кількість координат, що управляють, – 2;
- систему ЧПК – «Електроніка НЦ–31».

1.6 Аналіз кінематичної схеми верстата

Аналіз кінематичної схеми верстата починають з ознайомлення зі схемою, наведеною на рисунок 1.7. Під час аналізу кінематики будь-якого верстата потрібно розглянути ланцюг основного руху й ланцюги подач.

Оскільки верстат моделі 16К20Т1.01 є верстатом із програмним управлінням, то в ньому найбільш виразно

репрезентований ланцюг основного руху, а ланцюги подач менш виразні, але характерні для верстатів із ЧПК [4].

Ланцюг основного руху. Розрахункові переміщення такі:

$$n_e \rightarrow n_{\text{шп}}(xv^{-1}),$$

що означає розгляд руху від двигуна до шпинделя верстата. У приводі основного руху верстата після двигуна й пасової передачі використовують автоматичну коробку швидкостей (АКШ), що на схемі (рис. 1.7) позначена валами I, II і III. Вмикання тієї чи іншої частоти обертання вихідного вала III забезпечується за допомогою електромагнітних муфт $Me1, Me2, Me3, Me4, Me5$ та $Me6$, комбінації вмикання яких забезпечують дев'ять різних частот обертання вала III. На схемах рисунків 1.8 і 1.9 зображено два шляхи напрямків руху в результаті комбінування вмикання муфт $Me3$ та $Me4$ для одержання частоти обертання n_1 АКШ та $Me3$ і $Me5$ – частоти n_2 від АКШ. Під час виконання лабораторної роботи кожна бригада креслить інші напрямки руху за інших комбінацій умикання муфт, що задає викладач. Вал I АКШ зв'язаний з основним двигуном Д1 ($n_d = 1450 \text{ хв}^{-1}$, $P = 10 \text{ кВт}$) зубчастою пасовою передачею $\cap 150 / \cap 178$ [3].

Користуючись розрахунковими переміщеннями (маючи на увазі лише вал III автоматичної коробки швидкостей) і схемами на рисунках 1.8 та 1.9, можна записати рівняння кінематичного балансу для АКШ, налагодженої для вмикання частот n_1 і n_2 відповідно, наприклад

$$n = 1450 \times \frac{150}{178} \times Kn \times (M_{e3}) \times \frac{24}{48} \times (M_{e4}) \frac{14}{56} \Rightarrow \text{до вала IV},$$

$$n = 1450 \times \frac{150}{178} \times Kn \times (M_{e3}) \times \frac{24}{48} \times (M_{e2}) \frac{30}{42} \Rightarrow \text{до вала IV}.$$

Таких рівнянь для АКШ – 9.

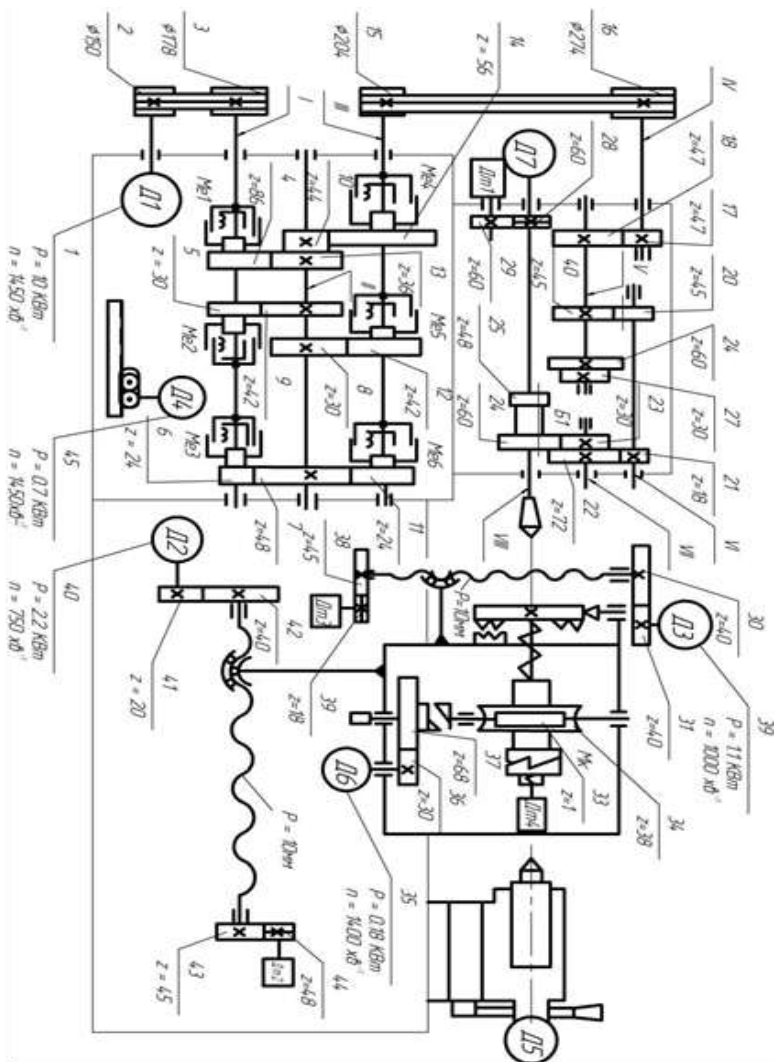


Рисунок 1.7 – Кінематична схема верстата

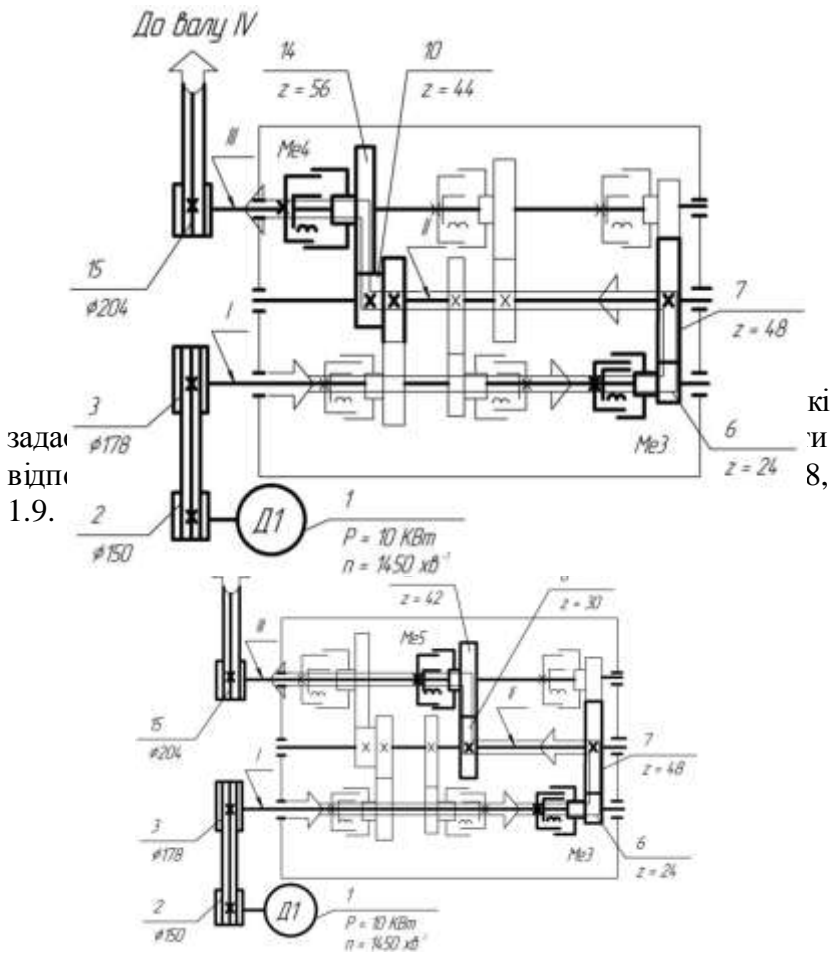


Рисунок 1.9 – Варіант вмикання АКШ на n_2

Як подати такі рівняння при послідовному їх запису? Для цього можна скористатися методом перебору, тобто електромуфта Me3, при вмиканні якої забезпечується найменша частота, вмикається послідовно з муфтами Me4, Me5 та Me6, далі – Me2 вмикається з Me4, Me5 та Me6, і т. д. У рівняннях є коефіцієнт Kn – це коефіцієнт корисної дії пасової передачі. Для зубчастої пасової передачі він близький до 1. Необхідно засвоїти, що вмикання різних

частот в АКШ забезпечується програмним управлінням з пульта «Електроніка НЦ-31».

Під час виконання лабораторної роботи необхідно наочно ознайомитися з вмиканням різних частот руху, але це виконує лише викладач.

Аналізуючи кінематичну схему далі, можна відзначити, що з III вала до вала IV рух передається знову ж таки пасовою передачею 204 / 274. Але вали IV, V, VI, VII та VIII – це вже шпindelна бабка, де шпindel – вал VIII. Під час аналізу руху через шпindelну бабку потрібно звернути особливу увагу на те, що подвійний блок зубчатих коліс Б1 забезпечує 3 швидкості руху – 3 діапазони вмикання швидкостей. Саме цей блок переміщується за допомогою рукоятки 20 (рис. 1.2, табл. 1.2). Одна з трьох позицій блока Б1 показана безпосередньо на кінематичній схемі (рис. 7). При такому положенні блока Б1 рух передається послідовно з IV вала на VIII через так званий перебір (вали VI та VII), який забезпечує найменшу частоту обертання шпинделя, тобто найбільшу редукцію між валами IV–VIII. Частина рівняння кінематичного балансу має вигляд:

$$\text{вал IV} \frac{47}{47} \times \frac{45}{45} \times \frac{18}{18} \times \frac{30}{30} = n_{\text{ун}} \text{ (min), } xv^{-1}$$

Останні 2 можливі позиції блока Б1 показані на рис. 1.10 та 1.11.

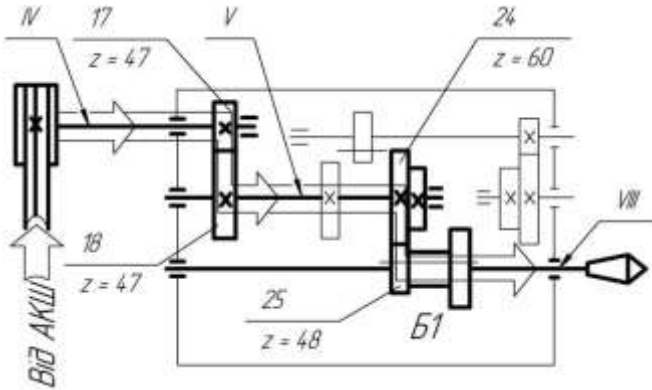


Рисунок 1.10 – Варіант вмикання шпинделя на n_{max}

При цих позиціях перебір вимкнений, рух передається з вала IV на вал VIII лише через вал V. При таких позиціях блока Б1 можна отримати *максимальну та проміжну* частоти обертів шпинделя. Зверніть увагу на те, що зубчасте колесо на валу 6 не зачеплене.

Завдання 6. Накреслити три варіанта кінематичних схем шпиндельної бабки при вмиканні шпинделя на n_{max} , $n_{пін}$ та $n_{пром}$. Записати повністю рівняння кінематичного балансу від двигуна Д1 до шпинделя. При цьому кожна бригада виконує один варіант завдання, яке дає викладач.

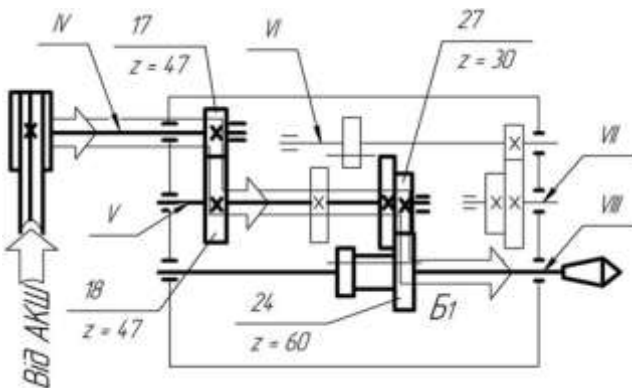


Рисунок 1.11 – Варіант вмикання шпинделя на $n_{пром}$

Аналіз ланцюгів подач. Потрібно засвоїти, що верстат, подачі якого налагоджуються за допомогою електронної програми, як правило, не має коробки подач. Поздовжня та поперечна подачі здійснюються від окремих двигунів постійної напруги Д2 та Д3, які через безззорні зубчасті передачі 20/40 або 40/40 зв'язані з кульковими ходовими гвинтами з кроками 10 та 5 мм (рисунок 1.12). Розрахункові переміщення в ланцюгах подач мають вигляд

$$n_o \rightarrow S, \text{мм} / \text{хв}.$$

Вищенаведена розмірність подачі – мм/хв. Але така розмірність на токарних верстатах може використовуватися лише у разі прискореного руху супорта. Найбільш придатною при токарній обробці є розмірність мм/об, де під мм розуміють переміщення супорта на 1(один) умовний оберт шпинделя.

На верстаті 16K20T1.01 шпиндель (вал VIII) не зв'язаний безпосередньо (механічно) з кульковими ходовими гвинтами. Але зв'язок такий є, він забезпечується датчиками зв'язку на шпинделі $Dm1$ і на ходових гвинтах $Dm2$ та $Dm3$. Перетворення розмірності з мм/хв на мм/об виконується автоматично за допомогою системи ЧПУ.

Приклад рівняння кінематичного балансу у ланцюгах подач:

а) поздовжньої:

$$S_{\text{позд}} = 750 \cdot \frac{20}{40} \cdot 10 (\text{мм} / \text{хв});$$

б) поперечної:

$$S_{\text{позд}} = 1000 \cdot \frac{40}{40} \cdot 10 (\text{мм} / \text{хв});$$

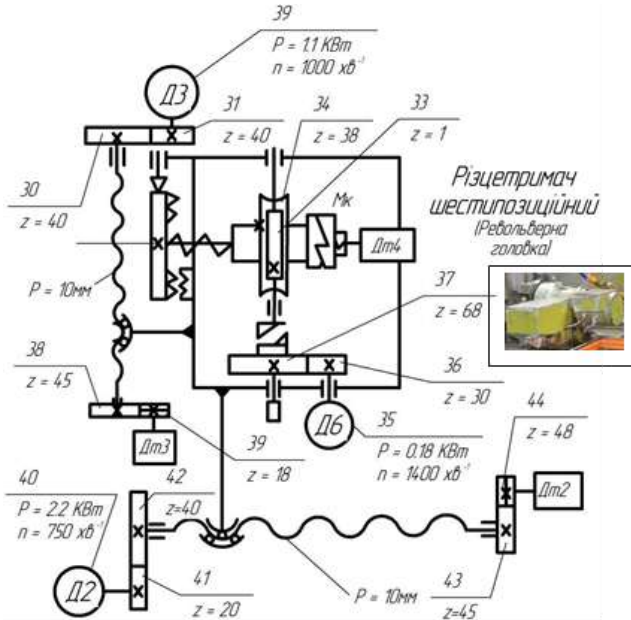


Рисунок 1.12 – Кінематика привода подач 16К20Т1.01

Завдання 7. Рівняння кінематичного балансу ланцюгів подач записати в журнал звітів. Розглянути кінематичну схему привода подач 16К20Т1.01, знайти розміщення датчиків зв'язку на ходових гвинтах *Дт2* та *Дт3*, розібратися з конструкцією зубчастих коліс поз. 39 та 44.

1.7 Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Призначення та галузь застосування верстата.
4. Перелік основних вузлів верстата з рис. 1.2.
5. Таблиця технічної характеристики з параметрами.
6. Кінематичні схеми з РКБ (рис. 1.8 – 1.11)

2 НАЛАГОДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА Й ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ

2.1 Мета роботи

Ознайомитися з методами нарізання зубчастих та інших поверхонь на циліндричних деталях як із прямими, так і з гвинтовими зубами (канавками); розглянути й вивчити конструкцію та кінематику універсально-фрезерного верстата й ділильної головки; виконати відповідні розрахунки, щоб налаштувати верстат і ділильну головку для нарізання колеса; нарізати колесо (міжзубні западини), зробити висновки з роботи.

2.2 Методи нарізання зубчастих та інших поверхонь

Під час виготовлення зубчастих коліс та інших зубчастих поверхонь застосовують два методи:

- копіювання;
- обкочування (огинання).

До *методу копіювання* належить нарізування зубів, шліців, канавок (рис. 2.1 а, б, в, г, г, д) за допомогою дискових і пальцевих фрез. *Профіль ріжучого інструмента* за цього методу збігається з профілем міжзубної западини, стружкової канавки або іншим елементом деталі, тобто *він копіює заданий профіль*. У цій роботі детальніше розглянемо процес нарізання зубчастих коліс. Процес нарізання зубів (шліців, канавок) на універсально-фрезерному верстаті за *методом копіювання* із використанням ділильної головки полягає в тому, що після фрезерування кожної западини заготовку вручну повертають за допомогою ділильної головки для фрезерування наступної западини на частину оберту, що дорівнює значенню $1/z$, де z – кількість зубів, шліців тощо.

Точність нарізання зубчастих коліс відповідає 7–9-му ступеню за ГОСТом 1643-82, а шорсткість $Ra = 6,3$.

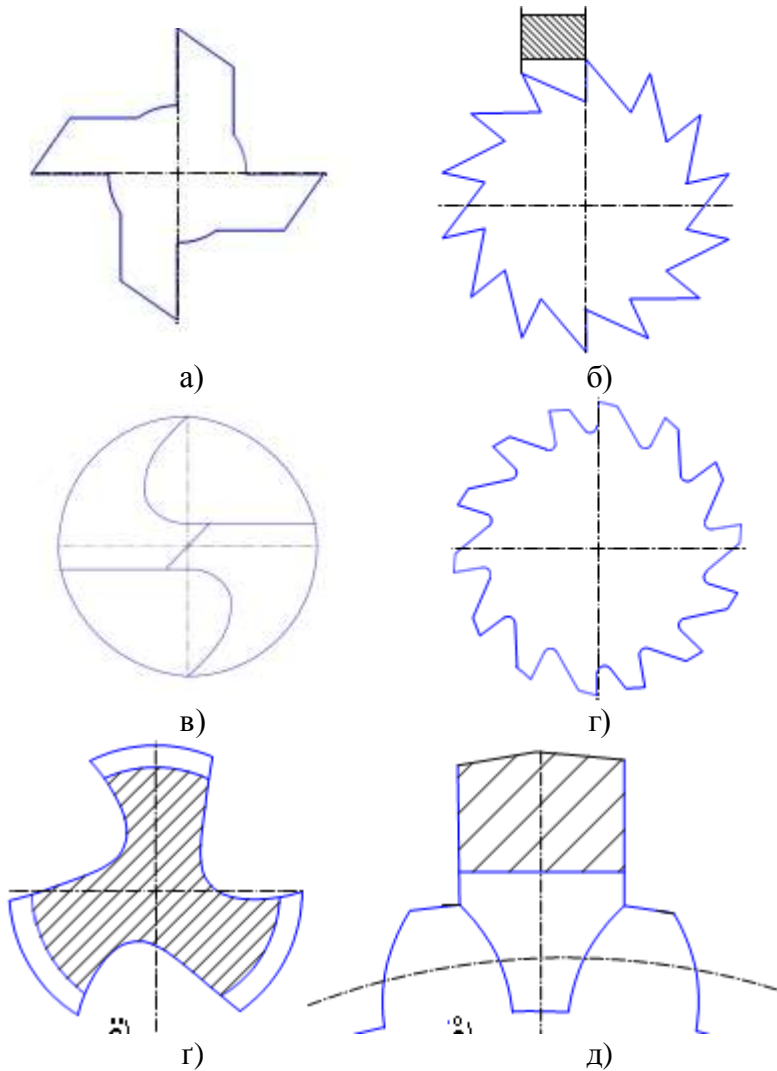


Рисунок 2.1 – Приклади деталей, одержаних методом копіювання

Зубчасті колеса модулів $m < 3 \text{ мм}$ нарізають за один прохід, а колеса модулів $m > 3 \text{ мм}$ – за два – три проходи. Метод обкочування (огинання) застосовують для виготовлення зубчастих коліс на зубофрезерних верстатах (у цій роботі не розглянуто).

Різальні інструменти, використовувані для виготовлення як зубчастих коліс, так і інших зубчастих поверхонь за методом копіювання можуть бути дисковими модульними, фасонними, а за певних умов і пальцевими. Дискова модульна фреза являє собою фасонну фрезу з профілем, що відповідає профілеві западини зубчастого колеса (рис. 2.1 е). Ділильний діаметр нарізаного колеса D пов'язаний із модулем m та кількістю зубів Z таким співвідношенням:

$$D_d = mZ ,$$

а зовнішній діаметр:

$$D_e = m (Z + 2).$$

Зважаючи на це, дискові модульні фрези *розрізняють за модулем*. Але профіль западини залежить від кількості зубів колеса Z , тому що зі зміною Z змінюється й ділильний діаметр D_d за постійного модуля m (рис. 2.2). Тому для одержання більшої точності коліс дискові модульні фрези поділяють не лише за модулями, а й за номерами. Номер фрези відповідає кількості зубів, що можна нарізати фрезою цього модуля. Використовують комплекти, що складаються з 8, 15 або 26 фрез (табл. 2.1).

У цьому разі чим більше фрез у комплекті, тим вищої точності зубів нарізаного колеса можна досягти. Кожний комплект призначений для нарізання коліс із різним ступенем точності. Набір із восьми фрез використовують для нарізання коліс зі ступенем точності 9–8, із 15 фрез –

8 –7, із 26 фрез – для нарізання коліс 7-го ступеня точності. Колеса з гвинтовими зубами й деталі з гвинтовими канавками можна виготовляти тими самими фрезами, але з урахуванням того, що профіль гвинтової канавки з кутом нахилу β дещо відрізняється від профілю прямої канавки. Вибір фрези з набору для нарізування косозубого (гвинтового) колеса роблять за наведеною кількістю зубів:

$$Z_H = \frac{Z}{\cos^3 \beta},$$

де Z і β – відповідно кількість і кут нахилу зубів нарізаного косозубого колеса (рис. 2.3).

Таблиця 2.1 – Набори зуборізних модульних дискових фрез

Номер фрези	Кількість нарізаних зубів залежно від кількості фрез у наборі		
	Набір 8 фрез	Набір 15 фрез	Набір 26 фрез
1	2	3	4
1	12–13	12	12
1	–	13	13
2	14–16	14	14
2	–	15–16	15
2	–	–	16
3	17–20	17–18	17
3	–	–	18
3	–	19–20	19
3	–	–	20
4	21–25	21–22	21
4	–	–	22
4	–	23–25	23
4	–	–	24–25
5	26–34	26–29	26–27
5	–	–	28–29
5	–	30–34	30–31
5	–	–	32–34

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6	35–54	35–41	35–37
6	–	–	38–41
6	–	42–54	42–46
6	–	–	47–54
7	55–134	55–79	55–65
7	–	–	66–79
7	–	80–134	80–102
7	–	–	103–134
8	Понад 135	Понад 135	Понад 135

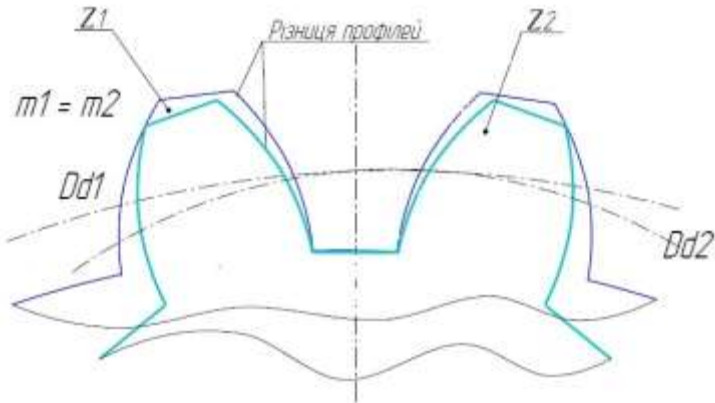


Рисунок 2.2 – Схема, що пояснює різний профіль западини за постійного модуля

Для виготовлення зубчастого колеса методом копіювання необхідно мати такі рухи:

- 1) різання (обертання фрези);
- 2) подачі (переміщення стола із заготовкою);
- 3) ділення.

Верстат здійснює перші два рухи, тобто виконує головний рух (рух різання) і рух подач.

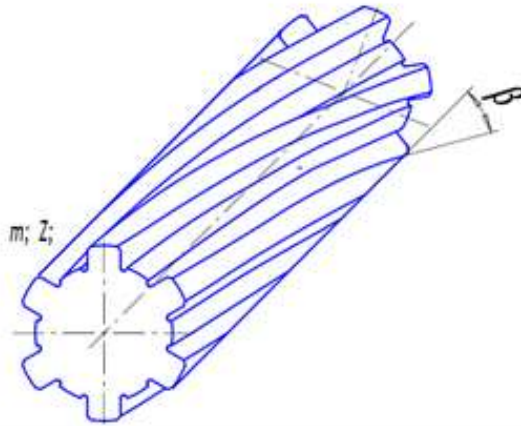


Рисунок 2.3 – Деталь із гвинтовими канавками

Універсально-фрезерний верстат 6П80 (модель ОРША-Ф32Г (сучасний аналог верстату моделі 6П80) рис. 2.4) призначений для виконання різноманітних фрезерних робіт циліндричними, торцевими й пальцевими фрезами в умовах як одиничного, так і серійного виробництва. На верстаті можна обробляти вертикальні й горизонтальні площини, пази, фасонні поверхні та нарізати зубчасті колеса. Здебільшого заготовку закріплюють на столі за допомогою лещат або спеціального пристрою. Зубчасті колеса, зенкери, розгортки, спіралі кулачків та інших деталей фрезерують із використанням ділильної головки [4].

Основні вузли верстата (рис. 2.4): 1 – основа, 2 – станина з коробкою швидкостей, 3 – шпиндель, 4 – стіл, 5 – консоль із коробкою подач.

Оброблювану деталь закріплюють на столі 4, розміщеному на консолі верстата 5. Він може виконувати

подовжнє, поперечне й вертикальне переміщення (останнє здійснюється разом із консоллю). Стіл можна повернути навколо вертикальної осі на кут $\pm 45^\circ$, що дає змогу обробляти гвинтові канавки. Верстат називають універсальним через наявність поворотного стола. Різальний інструмент (фрезу) закріплюють на оправці, жорстко з'єднаній зі шпинделем верстата 3. Інший кінець оправки підтримується підшипником, закріпленим у підвіску.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд верстата моделі ОРША-Ф32Г (сучасний аналог верстату моделі 6П80)

2.3 Кінематика верстата бп80

Кінематична схема верстата зображена на рисунку 2.5. Під час виконання роботи потрібно розглянути ланцюги головного руху й подач верстата.

Головний рух. Розрахункові переміщення такі:

$$n_{\text{ов}} \rightarrow n_{\text{шп}}, \text{ хв}^{-1}$$

Р. К. Б. мінімальної частоти обертання шпинделя верстата з урахуванням пружного ковзання пасової передачі

$$n_{\text{min}} = 1420 \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{29}{61} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{31}{83} \cdot \frac{24}{71} = 50 \text{ хв}^{-1}$$

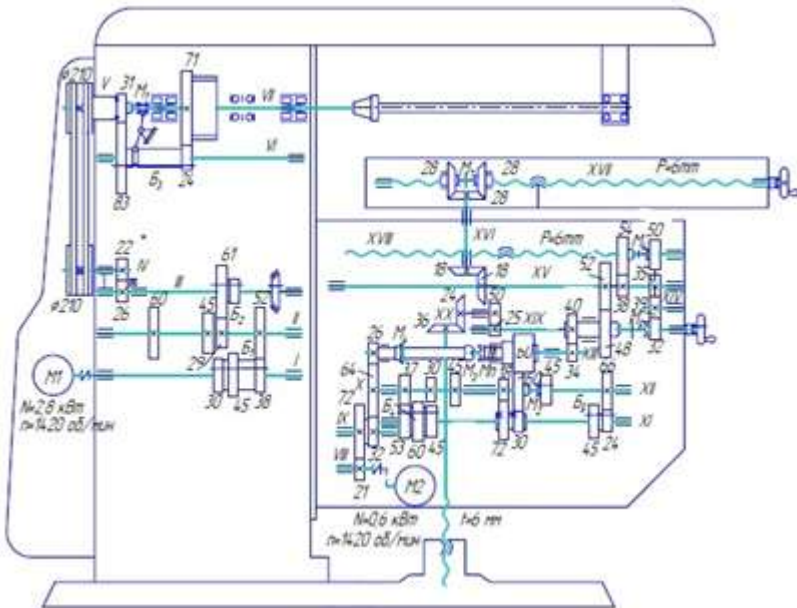


Рисунок 2.5 – Кінематична схема верстата 6П80

Зверніть увагу, що верстат має *переборний пристрій*. Умикання й вимикання частот обертання шпинделя через перебор потрібно розглянути на верстаті. Усього на верстаті 6П80 можна одержати 12 різних частот обертання шпинделя. Як максимальну частоту, так і проміжні рекомендовано записати самостійно як Р. К. Б [3].

Привід подач верстата має окремий електродвигун і складається з двоступінчастого редуктора, шестишвидкісної коробки подач, переборного пристрою, коробки реверсів та механізмів подовжньої, поперечної й вертикальної подач. Привід подач верстата кінематично не зв'язаний із приводом головного руху. Розрахункові переміщення в ланцюзі подач такі:

$$n_{об} \rightarrow S (\text{мм} / \text{хв}),$$

де $n_{дв}$ – частота обертання фланцевого електродвигуна, об/хв;

S – величина подачі (швидкість переміщення стола), мм/хв.

Під час нарізання зубчастих коліс використовують лише подовжню подачу стола. Р. К. Б. максимальної подачі стола

$$S_{\max} = 1420 \cdot \frac{21}{72} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{34}{40} \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{18}{18} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6 = 980 \text{ мм} / \text{хв}$$

2.4 Опис руху ділення

Цей рух здійснюється не верстатом, а ділильною головкою, розміщеною на його столі (рис. 2.6).

У промисловості найбільш поширені лімбові ділильні головки таких моделей: ГЗФС, УДГ-100, УДГ-130, УДГ-160. Цифри відповідають висоті центрів ділильних головок, наприклад УДГ-100 – універсальна ділильна

головка з висотою центрів 100 мм. Ці ділильні головки побудовані за однією кінематичною схемою – схемою черв’ячного редуктора й мають однакову *характеристику 40*.

Характеристика головки – це кількість повних обертів рукоятки, необхідних для повертання її шпинделя на один повний оберт (інакше – передатне відношення червячної пари). Рукоятку головки повертають уручну. До ділильних головок можуть додавати один або кілька ділильних дисків – лімбів. Ділильний диск має отвори, розміщені за концентричними колами. Крім того, до ділильних головок обов’язково додають комплект змінних коліс гігари. У додатку Б наведені дані про ділильний диск і гігари.

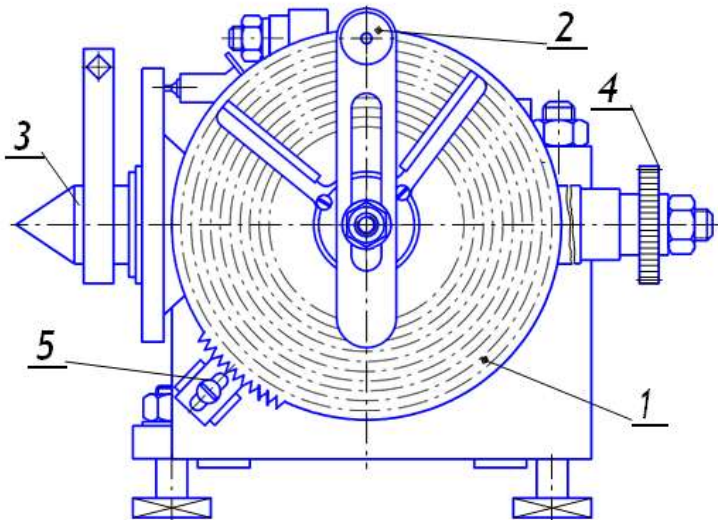


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд ділильної головки:
1 – ділильний диск; 2 – рукоятка; 3 – шпиндель;
4 – шестерня гігари; 5 – упор

2.5 Принцип налагодження ділильної головки

Під час виготовлення зубчастих коліс методом копіювання застосовують три схеми налагодження ділильної головки: простий, складний (диференційний) методи ділення, а також налагодження на фрезерування спіралі (гвинтової канавки).

Перші два методи застосовують для нарізання прямозубих коліс, останній – для фрезерування косозубих. Кінематичні схеми налагодження головки наведені на рисунках 2.7–2.9.

У разі простого методу ділення (рис. 2.7) ділильна головка функціонує як черв'ячний редуктор, коли черв'ячне колесо зв'язане зі шпинделем, а рукоятка Р – із черв'яком. Ділення здійснюється повертанням рукоятки Р (поз. 2) щодо нерухомого ділильного диска Д (поз. 1). Простим методом ділення одержують здебільшого зубчасті колеса з кількістю зубів до 50. Наприклад, якщо рукоятку головки повернути на один оберт, то шпindel повернеться на 1/40 частину кола, тому що 40 – характеристика головки або передатне відношення від шпинделя до рукоятки .

У разі ділення на іншу кількість зубів необхідний поворот рукоятки визначають за формулою

$$n = \frac{N}{Z},$$

де N – характеристика головки;

Z – кількість зубів, що нарізуються.

Приклад. У разі ділення на 34 частини (зуба) маємо

$$n = \frac{40}{34} = 1 \cdot \frac{3}{17}.$$

Останнє означає, що рукояткою потрібно зробити один повний оберт і додати ще $3/17$ оберту. Цю частину обороту виконують за допомогою ділильного диска, тобто рукоятку пересувають далі на три отвори на колі, що має 17 отворів. Під час виконання роботи потрібно навести декілька різних випробувань на налагодження головки на просте ділення та записати їх до журналу звітів.

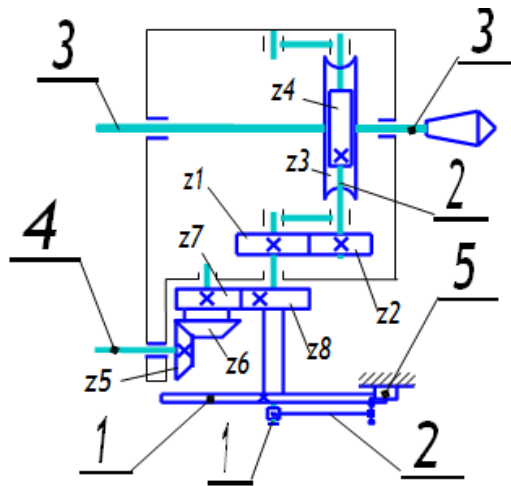


Рисунок 2.7– Схема налагодження ділильної головки на простий метод ділення

Складний (диференціальний) метод розподілу застосовують під час виготовлення зубчастих коліс із непарною кількістю зубів. Кінематика ділильної головки в цьому разі ускладнюється (рис. 2.8), тому що шпиндель головки й ділильний диск D кінематично зв'язують диференціальною гітарою a, b, c, i, d . За складного розподілу диск повинен робити незначний поворот під час обертання рукоятки P .

Число обертів рукоятки P визначають так само, як і за простого методу, але не для необхідної кількості зубів Z , а

для досить близького до нього числа ділення Z_x , для якого застосовне просте ділення. Для компенсації одержаної в цьому разі похибки розраховують кількість зубів змінних коліс a , b , c , і d диференціальної гітари, щоб диск D повернувся в потрібному напрямку на величину допущеної кутової помилки повертання рукоятки P . Передатне відношення диференціальної гітари визначають за формулою

$$i_x = \frac{N}{Z} (Z_x - Z) = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d}.$$

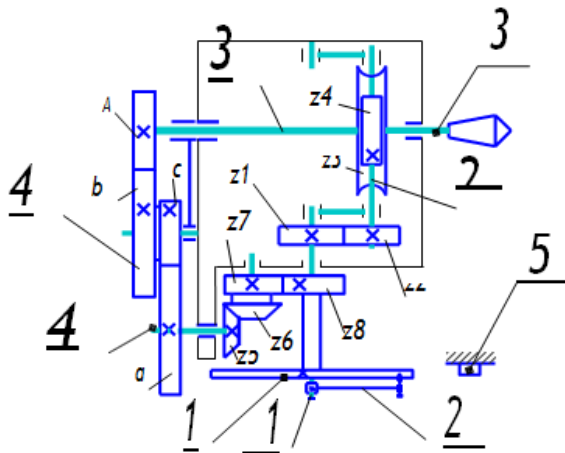


Рисунок 2.8 – Схема налагодження ділильної головки на складний метод ділення

Передатне відношення може бути позитивним. У цьому разі напрямки обертання рукоятки P і диска D збігаються. Якщо воно негативне, рукоятка P та диск D обертаються в протилежних напрямках. Потрібний напрямок обертання диска D забезпечують установкою в диференціальній гітарі проміжних коліс. Приклад розрахунку наведений у додатку В.

Нарізання гвинтових канавок (рис. 2.9). Налагодження універсальної ділильної головки й верстата для нарізання гвинтових канавок дисковою фрезою охоплює чотири етапи: налагодження гвинторізного ланцюга, що зв'язує за допомогою змінних коліс ходовий гвинт подовжньої подачі універсально-фрезерного верстата зі шпинделем ділильної головки; налагодження ділильного ланцюга простим методом для нарізання на деталі канавок; установку стола верстата під кутом ω , що дорівнює куту нахилу гвинтових канавок; підбір змінних коліс гітари a_1 , b_1 , c_1 , і d_1 гвинтового ланцюга. Гітару налагоджують за формулою:

$$\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = N \times \frac{t_x}{P},$$

де N – характеристика головки;

t_x – крок ходового гвинта подовжньої подачі стола верстата, мм;

P – крок гвинтової лінії нарізної канавки, мм.

Приклад розрахунку наведений у додатку В.

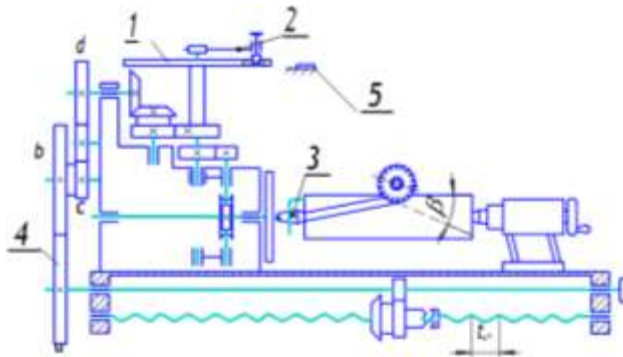


Рисунок 2.9 – Кінематична схема налагодження ділильної головки на фрезерування гвинтової канавки

2.6 Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію й кінематичну схему універсально-фрезерного верстата 6П80 та універсальної ділильної головки УДГ-100.
2. Скласти рівняння кінематичного балансу для кінематичних ланцюгів верстата (за вказівкою викладача).
3. Накреслити одну зі схем налагодження УДГ (за вказівкою викладача).
4. Одержати всі необхідні дані й матеріали для налагоджування верстата та ділильної головки для фрезерування зубчастого колеса.
5. Зробити розрахунки, налагодити верстат. Нарізати зубчасте колесо й проконтролювати його.

2.7 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі відомості про верстат і ділильну головку.
3. Рівняння кінематичного балансу.
4. Схема налагодження УДГ (проста, складна або для фрезерування спіралі).
5. Дані для розрахунку й розрахунок змінних коліс гітар.
6. Результати вимірів нарізаного зубчастого колеса.

3 КОНСТРУКЦІЯ ТА КІНЕМАТИКА ЗУБООБРОБНОГО ВЕРСТАТА 5140

3.1 Мета роботи

Вивчити призначення й раціональну сферу використання верстата 5140, його основні вузли, їх конструкцію та органи керування ним; розглянути кінематичну схему, налагодження кінематичних ланцюгів конструкцію й принципову дію його робочих вузлів.

3.2 Призначення та сфера використання верстата

Зубообробний (зубодовбальний) верстат 5140 призначений для виготовлення зубчатих вінців циліндричних зубчатих коліс зовнішнього або внутрішнього зчеплення, блоків зубчатих коліс, зубчатих секторів. На цьому верстаті можна виконувати чорнове, напівчистове й чистове оброблення коліс за один, два або три проходи. Напівчистове оброблення виконують під подальше шевінгування. Верстат можна використовувати як у серійному та масовому, так і в дрібносерійному й навіть індивідуальному виробництвах (наприклад, ремонтних цехах).

Деталі, а точніше вінець зубчатих коліс, оброблюють за допомогою спеціального інструмента – зуборізного довбика, або довбача.

Клас точності верстата – **Н**. Це дає змогу обробляти деталі з допусками 9-го й 8-го квалітетів точності. Верстат 5140 загального призначення, але може бути виконаний у спеціальному замовленні та для виготовлення, наприклад, косозубих коліс.

3.3 Загальний вигляд та основні вузли верстата

Загальний вигляд та основні вузли верстата зображені на рисунку 3.1. Під час виконання лабораторної роботи потрібно виконати креслення цього рисунка (можна одну проєкцію) та ознайомитися з основними вузлами біля верстата.

Примітка. На рисунку 3.1 позиціями зі стрілками зображено місця розміщення вузлів верстата. Під час виконання роботи викладач або майстер із навчання демонструє ці вузли безпосередньо на верстаті

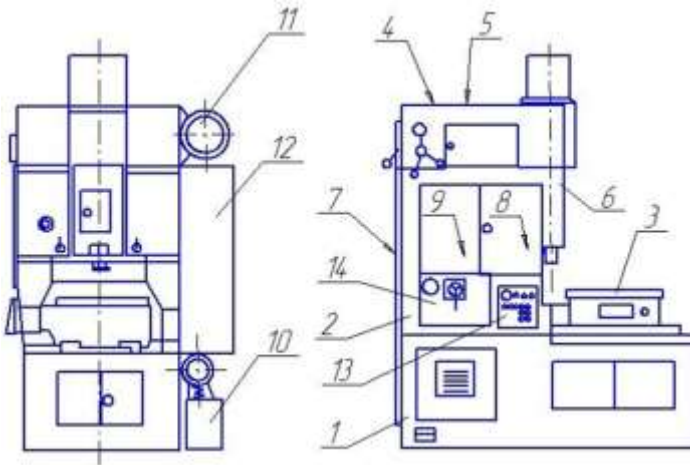


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд зубообробного верстата та його основні вузли:

- 1 – станина; 2 – стояк; 3 – стіл; 4 – коробка швидкостей;
- 5 – коробка колових подач; 6 – супорт (шгосель);
- 7 – механізм радіального врізання; 8 – механізм зворотно-поступового руху; 9 – лічильник; 10 – пристрій для збирання стружки; 11 – головний двигун;
- 12 – електрообладнання; 13 – панель керування верстатом;
- 14 – панель керування гідравлікою

3.4 Конструкція окремих вузлів верстата

Станина (рис. 3.1, поз. 1) являє собою ливарний корпус, на якому розміщені основні вузли верстата: стояк, стіл, приводи гідравліки, а також баки охолодження й гідравліки. Вона має горизонтальні площинні напрямні, по яких рухається стіл із виробом. Переміщення стола забезпечують за допомогою гідравліки. На лівій частині станини прикріплено стояк, на якому так само розміщені інші вузли верстата.

У стояку (рис. 3.1, поз. 3) верстата розміщені головний привід верстата з коробкою швидкостей (поз. 4), коробкою колових подач (поз. 5), супорт (поз. 6), механізми радіального врізання (поз. 7) і зворотно-поступового руху (поз. 8), лічильник (поз. 9). Крім того, на стояку знаходяться головний двигун (поз. 11), електрообладнання (поз. 12), панелі керування верстатом (поз. 13) та гідравлікою (поз. 14).

Коробка швидкостей (рис. 3.2) розміщена на верхній частині стояка [5].

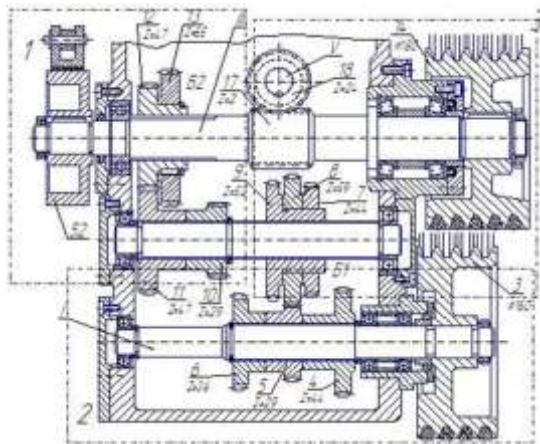


Рисунок 3.2 – Коробка швидкостей зубообробного верстата

Як можна помітити на рисунку, конструкція коробки швидкостей являє собою корпус коробчастої форми, у якому розміщені вали із зубчастими колесами, блоками зубчастих коліс (шестернями), шківками, підшипниками кочення та ін.

Виконаємо конструктивно-кінематичний аналіз рухів у коробці швидкостей. Рух від головного двигуна (рис. 3.1, поз. 11) через шків 3 діаметром 160 мм подається на вал 1 і через шестерні 4, 5, 6 та блок B_1 на вал 2, а через шестерні 10 і 11 та блок B_2 на вал 3, на якому закріплений шків 14 діаметром 180 мм. Шків через клинопасову передачу зв'язаний із центральним валом механізму зворотно-поступового руху й супортом (шкоселем) верстата. На валу 3 коробки швидкостей нарізаний черв'як 17, що передає рух через вал 5 на шестерні привода коробки колових подач. Креслення коробки швидкостей поділено на окремі блоки (1, 2, 3), позначені пунктирами [7].

Домашнім завданням (самостійною роботою) є виконання окремих блоків, що визначає викладач. Під час виконання лабораторної роботи ознайомитися з тим, як рухаються блоки B_1 і B_2 , де розміщено шківки 3, 14 та колодке гальмо 52.

Конструкція коробки колових подач нагадує коробку швидкостей; вона також виконана з використанням рухомих блоків зубчастих коліс (рис. 3.3). Під час розглядання коробки колових подач на верстаті звернути увагу на пристрої, за допомогою яких здійснюється керування рухомими блоками коліс у коробці колових подач. *(Блоки переміщуються вилками, приводами вилки є гідроциліндри, що керуються електрозолотниками, електрична частина яких керується вимикачами на пульті керування верстатом).*

Виходом із коробки колових подач є гітара ділення та обкочування. Під час виконання роботи звернути увагу на

розміщення гітари, конструктивні елементи, що забезпечують регулювання її міжцентрових відстаней. Певним студентам корисно виконати схему гітари.

Супорт (шгосель) верстата також є одним з головних вузлів (рис. 3.1, поз. 6). Під час виконання роботи варто розглянути конструкцію й дію супорта впродовж здійснення головного руху. Необхідно звернути увагу на різні режими роботи супорта. Для цього вмикають збільшені та зменшені оберти головного двигуна, а також окремі частоти коробки швидкостей.

Бакалаврові-механіку, який експлуатуватиме металорізальні верстати, корисно знати, як кріпиться різальний інструмент у їх супорті. Під час виконання роботи розглянути схему кріплення довбача й накреслити її у звіті про роботу, використовуючи рисунки 3.3 і 3.4.

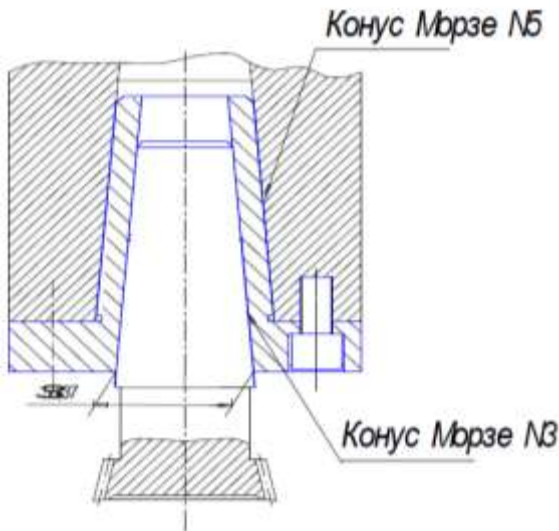


Рисунок 3.3 – Схема кріплення хвостового довбача в шпинделі верстата 5140

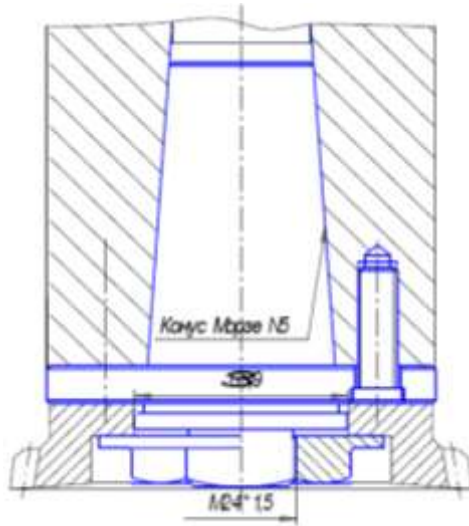


Рисунок 3.4 – Схема кріплення насадного довбача

3.5 Аналіз кінематичної схеми верстата

Перед аналізом кінематичної схеми потрібно розглянути схему рухів, виконуваних верстатом під час формування зубчастого вінця на колесі. Схема рухів зображена на рисунку 3.5

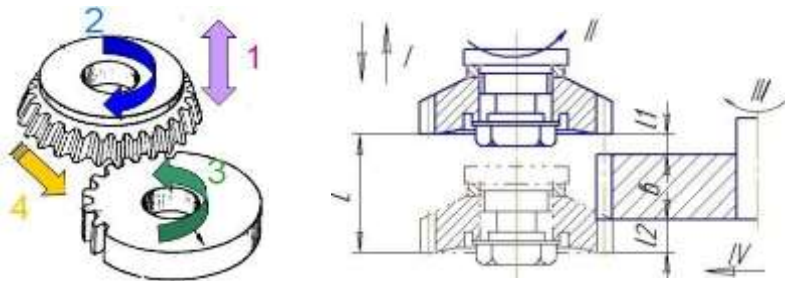


Рисунок 3.5 – Схема рухів формоутворення зубчастого вінця на зубодовбальному верстаті

Розглядаючи схему, необхідно запам'ятати, що формотворних рухів на такому верстаті чотири: головний рух – зворотно-поступовий рух довбача (1); рух колової подачі (2); рух ділення та обкочування (3); рух радіального врізання (4) (радіальної подачі). Аналіз кінематичної схеми (рис. 3.6) полягає в знаходженні та аналізі ланцюгів, що забезпечують утворення зазначених рухів.

Послідовно розглянемо кожний із рухів верстата.

Головний рух – зворотно-поступовий рух довбача (1). Розрахункові переміщення цього руху такі:

$$n_{дв} \quad n_{шtosеля}, \text{ подв. рух / хв.}$$

Довбик (або довбач) під час роботи виконує рух донизу (процес різання) та догори (холостий рух). Такий рух називають подвійним. Тому розмірність головного руху – кількість подвійних рухів за хвилину (подв. рух / хв). Ураховуючи розрахункові переміщення, аналіз кінематичного ланцюга головного руху починають із головного двигуна й завершують на штоселі, що виконує подвійний рух. На схемі рисунка 3.4 два двигуни, головний із них Д1 має найбільшу потужність. У цьому разі ланцюг головного руху можна записати так (двигун має дві частоти обертання $940 (1420) \text{ хв}^{-1}$):

$$n_{шtos} = 940(1420) \text{ хв.}^{-1} \frac{100}{160} \cdot 0,985 \cdot i_{ки} \cdot \frac{180}{355} \cdot 0,985, \text{ подв. рух / хв.}$$

Під символом $i_{ки}$ потрібно розуміти передатне відношення коробки швидкостей, що залежить від варіантів зачеплення зубчастих коліс у коробці. Наприклад, як зображено на схемі рисунка 3.6. Передатне відношення коробки швидкостей можна записати так:

$$i_{ки} = \frac{29}{59} \cdot \frac{47}{47}.$$

У рівнянні головного руху дві невідомі: $n_{штос}$ та $i_{ки}$. Зокрема, $n_{штос}$ визначають за формулою теорії різання:

$$n_{штос} = 1000V/2L,$$

де V – швидкість різання під час зубодовбання. Перебуває в межах 25–40 м/хв;

L – довжина ходу довбика (рис. 3.5), до якої надходять ширина зубчастого вінця b , перебіг l_2 і врізання l_1 заготовки. Цифра 2 визначає подвійний рух. У цьому разі формулу скорочено записують так: $n_{штос} = 500V/L$.

Завдання 3.1. Налагодити ланцюг головного руху для таких вихідних даних: $V = 25; 28; 30; 32; 35; 38; 40; 45$ м/хв; Висота заготовки $b = 15; 18; 20; 25; 28; 30; 35; 38; 40$ мм; перебіг та врізання вибрати в межах 2–5 мм. У коробці швидкостей увімкнути блоки, що найближче відповідають розрахунковому значенню $n_{штос}$.

Рух колової подачі (2). Колова подача – це переміщення довбика в мм за дугою ділильного діаметра за один подвійний рух (рис. 3.3). Розмірність колової подачі – мм/подв. рух, тобто ланцюг колової подачі має такі розрахункові (вихідні) переміщення:

$$I_{подв. рух} \quad S_{колова, мм/подв. рух}.$$

Рівняння кінематичного балансу:

$$I_{подв. рух} = \frac{355}{160} \cdot 0,985 \cdot \frac{26}{2} \cdot \frac{55}{50} \cdot \frac{65}{60} \cdot 55 \cdot i_{кол} \cdot \frac{66}{66} \cdot \frac{1}{90} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{кол} \frac{мм}{подв. рух}.$$

У цьому рівнянні невідоме значення $i_{кол}$ визначають за умови заданого значення $S_{кол}$ та значень модуля m довбика (в мм) і кількості зубів на довбику z . Значення колової подачі може перебувати в межах 0,14; 0,18; 0,22; 0,29; 0,36; 0,45; 0,59; 0,75 мм/подв. рух

Завдання 3.2. Розглянути ланцюг колової подачі. За вихідними даними m та z довбика, а також значенням колової подачі в зазначеному вище діапазоні розрахувати $i_{кол}$ та показати на кінематичній схемі.

Рух ділення та обкочування (3). Зі схеми (рис. 3.5) можна зробити висновок, що під час зубооброблення довбанням обертаються як довбик, так і заготовка. Розрахункові переміщення цього ланцюга записують з урахуванням того, що під час повертання довбика на один зуб ($1/z_d$) заготовка теж повернеться на один зуб ($1/z_{заг}$) [7].

Рівняння кінематичного балансу записують, починаючи з умовного повертання довбика на 1 зуб:

$$\frac{1}{Z_d} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{56}{56} \cdot \frac{56}{36} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{36}{56} \cdot \frac{1}{90} = \frac{1}{Z_{заг}} .$$

Формула налагодження гітари $a/b \ c/d$ така:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = K_D \frac{Z_D}{Z_{заг}} ,$$

де значення коефіцієнта K_D визначають із рівняння.

У паспорті верстата наведена формула має вигляд

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{2Z_D}{Z} ,$$

а коефіцієнт K_D може набирати значення 1 або 2.

Завдання 3.3. Розглянути розрахунок гітар ділення за паспортом верстата (див. додаток Г). Для різних значень $z_{заг}$ (у діапазоні від 30 до 60 зубів, тобто 35, 37, 49, 51, 53, 55, 57) гітару варто перевірити на зачеплення: $a + b \geq c + 15 \dots 20$, $c + d \geq b + 15 \dots 20$.

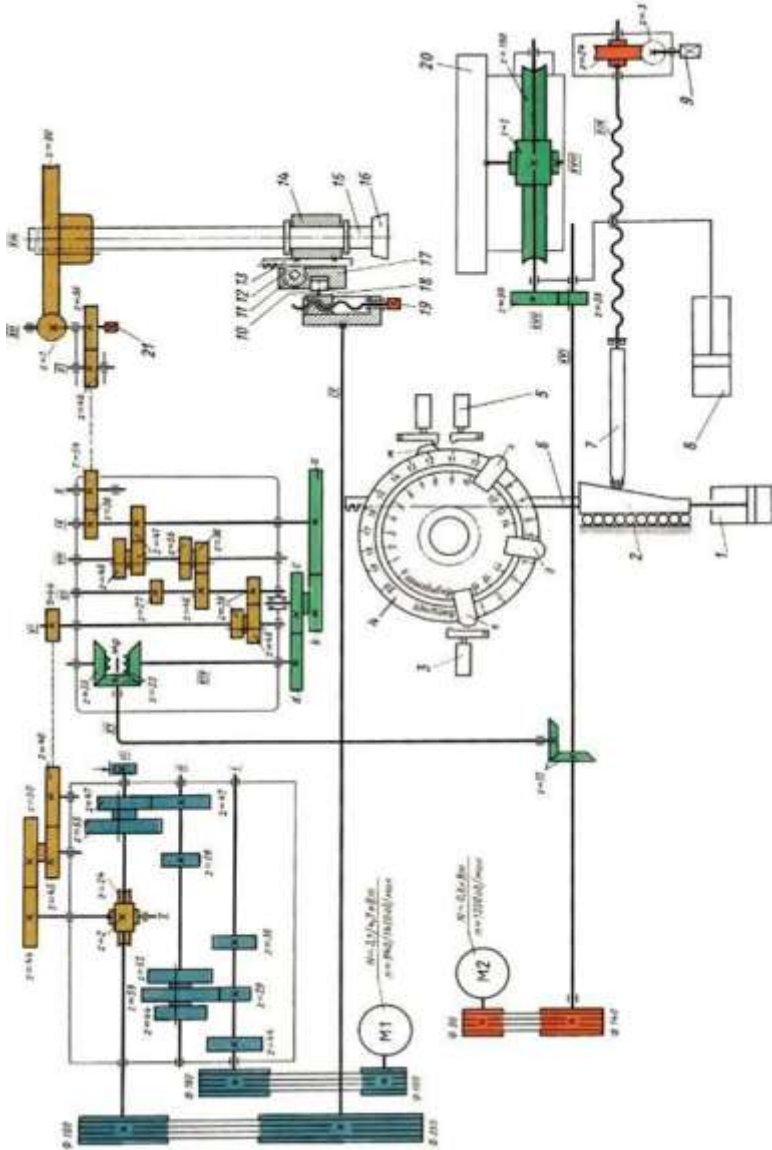


Рисунок 3.6 – Кінематична схема зубообробного верстата 5140

Рух радіального врізання (4) (радіальної подачі).

Оскільки під час зубодовбання відтворюється зачеплення зубчастих поверхонь, то теоретично зуб довбика повністю розміщується в міжзубній западині зубчастого колеса. Але на початку формоутворення зубчастої поверхні на заготовці, на якій немає западин, зуб довбика не може бути розміщений над заготовкою на його повну висоту, тому що впродовж зворотно-поступового руху удар зуба по заготовці може призвести до виходу з ладу складного інструмента, яким є довбик. Тому запропоновано процес поступового переміщення довбика в радіальному напрямку до врізання зуба довбика в заготовку на повну глибину (рис. 3.7). На верстаті цей процес здійснюється водночас із коловою подачею.

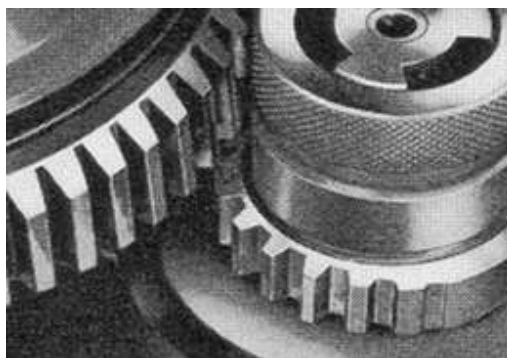


Рисунок 3.7 – Поступове формоутворення зубчастого вінця радіальним врізанням

На верстаті 5140 рух радіального врізання здійснюється гідроприводом верстата з використанням клинового механізму (рис. 3.6). Тобто ланцюг у його класичному поданні відсутній, хоча розрахункові переміщення можна записати так:

$$1_{\text{подв.рух}} \Rightarrow S_{\text{рад}}, \text{мм} / \text{подв.рух.}$$

З такого запису можна зробити висновок, що розмірності колової й радіальної подач збігаються. Значення радіальних подач для верстата 5140 перебувають у межах 0,025–0,54 мм/подв. рух. Значення подач (швидкості переміщення стола за подвійний рух довбика) регулюють дроселем на панелі керування гідравлікою, а значення переміщення (глибини радіального врізання) – барабаном. Робота системи врізання (рис. 3.6) полягає в тому, що клин 2, який контактує зі штангою 7, рухається донизу (або догори) гідроциліндром 1. Водночас штанга 7 рухається праворуч (або ліворуч) і переміщує стій верстата 20. Клин 2 також з'єднаний із рейкою 6, яка через зубчасте колесо обертає барабан 4, що має шкалу з поділками в мм. На барабані розміщені кулачки 5, що натискають на кінцеві вимикачі 3 під час обертання барабана. Кінцеві вимикачі вимикають гідравліку, зупиняючи цим роботу механізму врізання[8].

Завдання 3.4. Розглянути на верстаті елементи механізму врізання, дроселем керування та шкалою значень подач. Звернути увагу на барабан із поділками й кулачками та кінцевими вимикачами, а також елементами приводу барабана.

3.6 Елементи налагодження верстата 5140

Налагодження верстата охоплює: установку довбача, установку заготовки та її кріплення, вивірення заготовки, установлення кількості подвійних рухів, установлення колової подачі, установлення подачі радіального врізання й глибини врізання, міжцентрової відстані, налагодження ланцюга ділення та ін. Варто запам'ятати, що окремі елементи налагодження виконують за попередніми

розрахунками, використовуючи певні формули та співвідношення.

Кількість подвійних рухів штоселя забезпечують за допомогою рукояток керування коробкою швидкостей і положенням тумблера на панелі керування верстатом. Під час чорнового оброблення двигун має швидкість 940 хв^{-1} , а під час чистового – $1\,420 \text{ хв}^{-1}$.

Значення колової подачі налагоджують за допомогою тумблерів, розміщених на панелі керування верстатом. Під час виконання роботи розглянути панель керування й засвоїти, як налагоджують значення колових подач. Колова подача стола може виконуватися у двох напрямках. У ланцюзі колової подачі є реверс (рис. 3.6), керування яким забезпечується рукояткою на верстаті. Під час виконання роботи доцільно розглянути, як за допомогою реверса стіл верстата може рухатися у двох напрямках.

Установку подачі *радіального врізання* забезпечують дроселем, розміщеним поряд із панеллю керування верстатом (рис. 3.1, поз. 14). Шкала дроселя проградуєвана у хвилинній подачі, тобто мм/хв. Для перерахування хвилинної подачі в застосовувану на зубообробних верстатах, тобто мм/подв. рух, використовують формулу

$$\frac{S_{\text{мм/хв}}}{n} = S_{\text{мм/подв. рух}},$$

де n – кількість подвійних рухів за хвилину, застосовуваних у цьому налагоджуванні.

Розглянути дію подачі радіального врізання на верстаті під час холостого руху та оброблення колеса (виконує майстер із виробничого навчання або викладач). Установку міжцентрової відстані узгоджують після вмикання гідропривода верстата, подачі радіального врізання й переведення стола в позицію «вперед».

Міжцентрову відстань розраховують за формулою

$$A = \frac{D_{\delta} + d_{\delta}}{2} + 2,5m + 3,2 .$$

де D_{δ} – діаметр нарізваної шестерні за початковим колом;

d_{δ} – діаметр довбача за початковим колом;

m – модуль, мм;

A – міжцентрова відстань, яку забезпечують за допомогою обертання квадрата на столі верстата й контролюють лінійкою з ноніусом.

Під час виконання роботи необхідно розрахувати міжцентрову відстань і практично засвоїти її забезпечення на верстаті.

Верстат 5140 функціонує в автоматичному режимі, хоча загалом є верстатом-напівавтоматом. Зокрема, після завершення врізання довбача в заготовку остання виконує точно один оберт за однопрохідного оброблення та два оберти після двопрохідного оброблення, після чого верстат вимикається. Таку автоматизацію роботи верстата забезпечують лічильником, що має електромеханічну конструкцію. У лічильнику використовують храповий механізм (розглянути на верстаті) та електромагніти.

4 НАЛАГОДЖЕННЯ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА 5В312 НА НАРІЗАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОЛІС

4.1 Мета роботи

Ознайомитися з призначенням, сферою використання, основними вузлами й органами управління зубофрезерного верстата 5В312; розглянути на верстаті та кресленнях оправку для закріплення фрези, пристосування для закріплення заготовки; ознайомитися з органами налагодження кінематичних ланцюгів, їх розміщенням на верстаті; розглянути пульт керування; за вихідними даними налагодити верстат на фрезерування зубчастого колеса та здійснити його під керівництвом викладача або майстра з навчання.

4.2 Призначення та сфера використання зубофрезерного верстата 5В312

Зубофрезерний верстат 5В312 (рис. 4.1) призначений для напівчистового оброблення циліндричних коліс із прямими й спіральними зубами під подальше шевінгування або шліфування в умовах серійного та великосерійного виробництв. Можливе також кінцеве (чистове) оброблення зубчастих коліс у разі додержання спеціальних умов, а саме:

- 1) використання високоточних фрез і застосування знижених режимів оброблення;
- 2) точне встановлення різального інструмента;
- 3) точне виготовлення й вивірення під час установлення допоміжних пристроїв.

Найбільший діаметр оброблення на верстаті – 320 мм.

Найбільший модуль оброблення – 6 мм.

Для фрезерування зубчастих коліс використовують черв'ячні фрези [6].

Завдання 4.1. Розглянути черв'ячну фрезу, а її параметри занести до журналу звітів.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд зубофрезерного напівавтомата 5B312

Основні вузли зубофрезерного верстата 5В312

Послідовно розглянемо основні вузли верстата на трьох проєкціях: спереду (рис. 4.2), ліворуч (рис. 4.3) та із заднього боку (рис. 4.4).

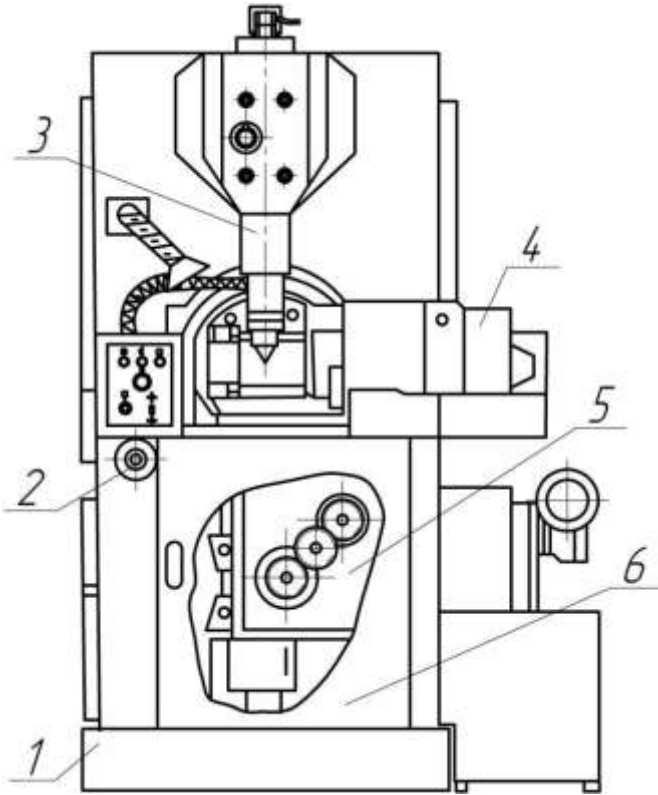


Рисунок 4.2 – Вигляд верстата 5В312 спереду:

- 1 – станина; 2 – механізм налагодження міжцентрової відстані; 3 – верхній центр;
- 4 – супорт; 5 – стіц; 6 – огородження

Завдання 4.2. Уважно розглянути всі елементи на верстаті.

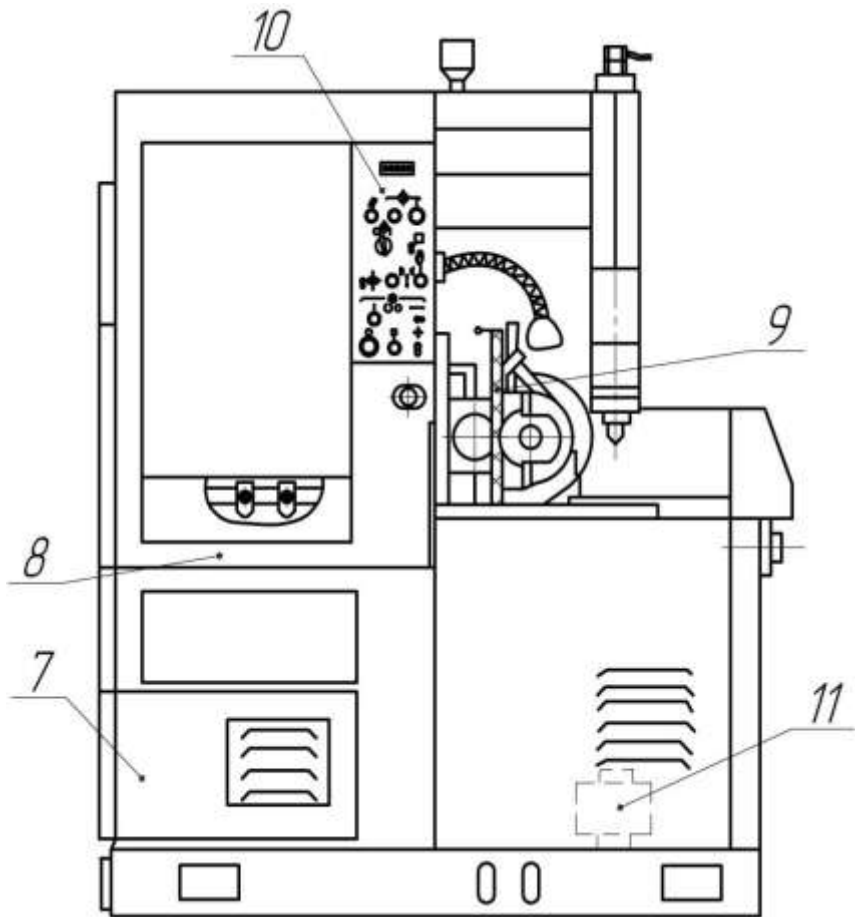


Рисунок 4.3 – Вигляд верстата 5В312 ліворуч:
7 – коробка подач; 8 – стояк; 9 – охолодження;
10 – розміщення електроапаратів на пульті управління;
11 – гідроциліндр затискання виробу

Завдання 4.3. Уважно розглянути всі елементи на верстаті.

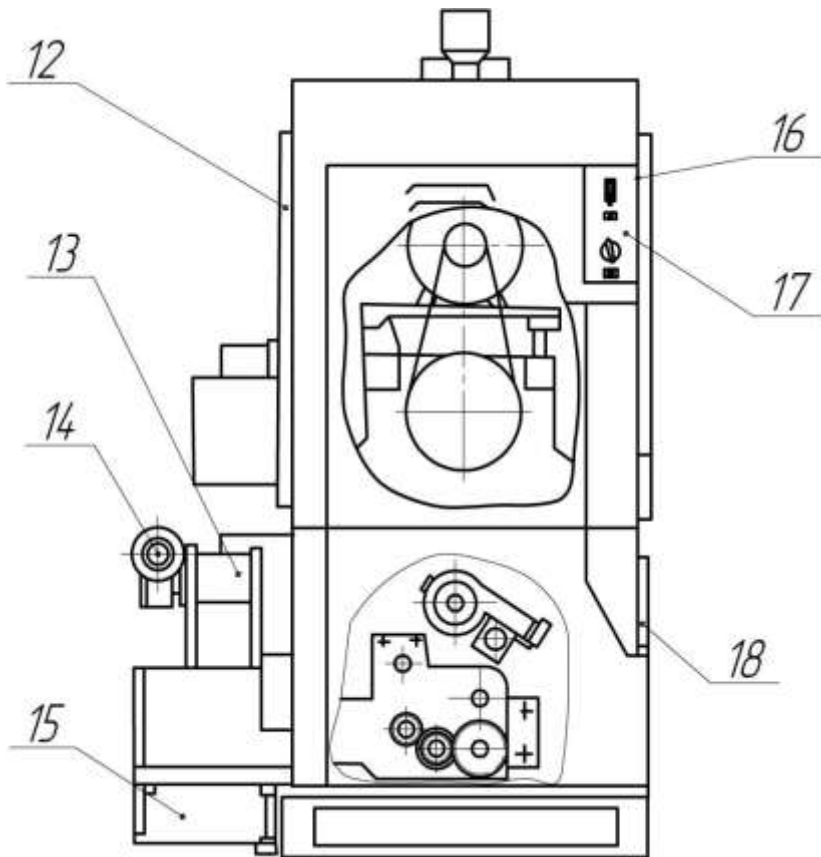


Рисунок 4.4 – Вигляд верстата 5B312 із заднього боку:

- 12 – розміщення електроапаратів у блоці реле;
- 13 – магнітний транспортер стружки;
- 14 – редуктор привода транспортера;
- 15 – бак охолодження;
- 16 – розміщення електрообладнання на панелі;
- 17 – розміщення електрообладнання на верстаті;
- 18 – гідрообладнання й система змащування

Завдання 4.4. Накреслити в журналі звітів одну з проєкцій верстата (за вказівкою викладача) з поясненнями.

Органи керування зображені на рисунках 4.5–4.7 на тих самих проєкціях, що й основні вузли верстата.

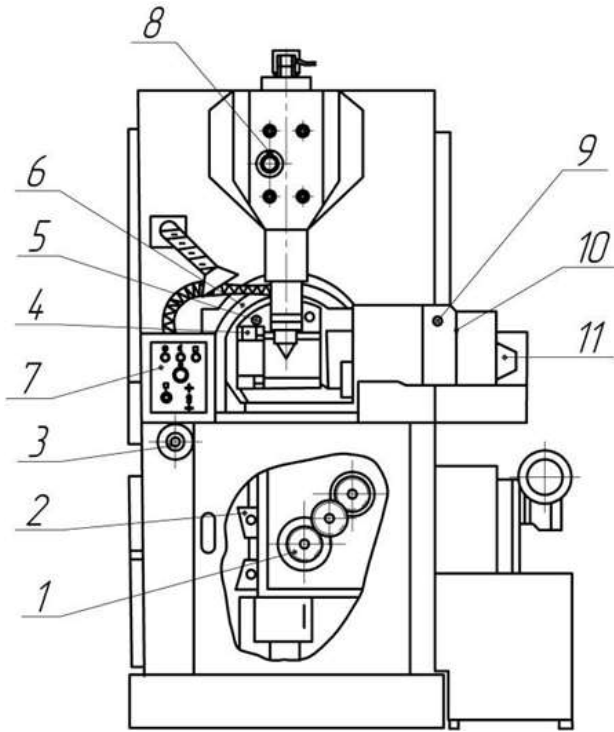


Рисунок 4.5 – Органи керування верстатом 5В312, вигляд спереду: 1 – гігара ділення; 2 – упори встановлення переміщення стола; 3 – рукоятка й лімб установлення міжцентрової відстані; 4 – гвинти закріплення контрпідтримки; 5 – гвинти закріплення супорта; 6 – ноніус і шкала встановлення кута повертання супорта; 7 – пульт керування циклом; 8 – упор установлення контролю

затискання виробу; 9 – квадрат осьового переміщення фрези; 10 – гвинт установки разового переміщення фрези; 11 – квадрат затягування оправки фрези

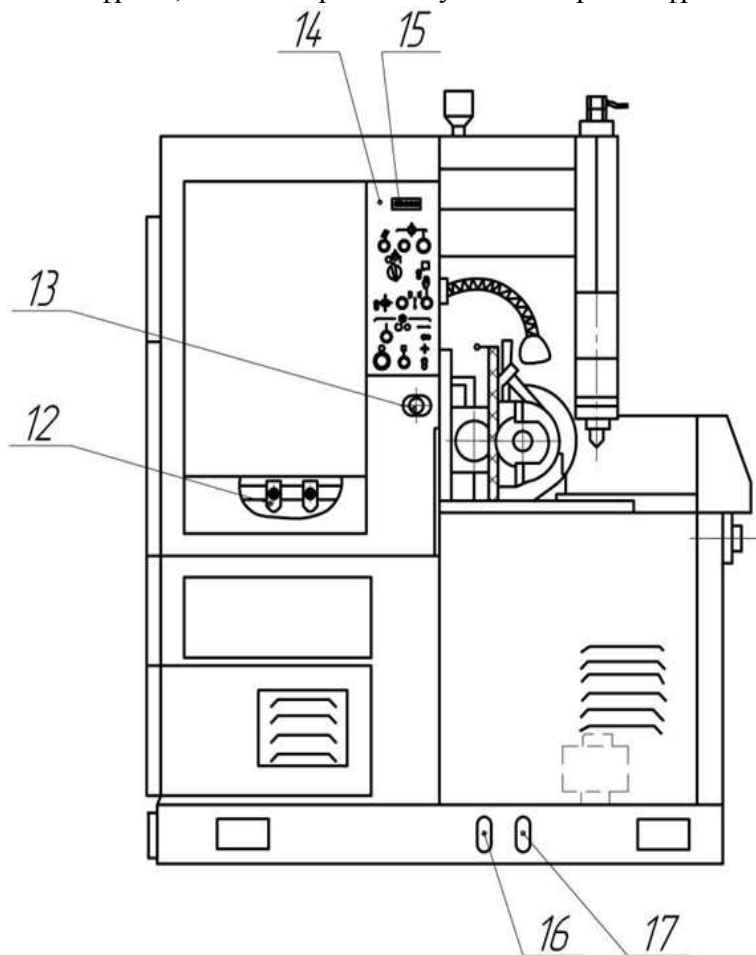


Рисунок 4.6 – Органи керування верстатом 5B312, вигляд ліворуч: 12 – упори встановлення переміщення фрезерного стояка; 13 – квадрат повертання супорта; 14 – пульт керування під час налагодження;

15 – лічильник циклів; 16 – показчик контролювання рівня охолоджувальної рідини; 17– показчик рівня мастила гідропривода

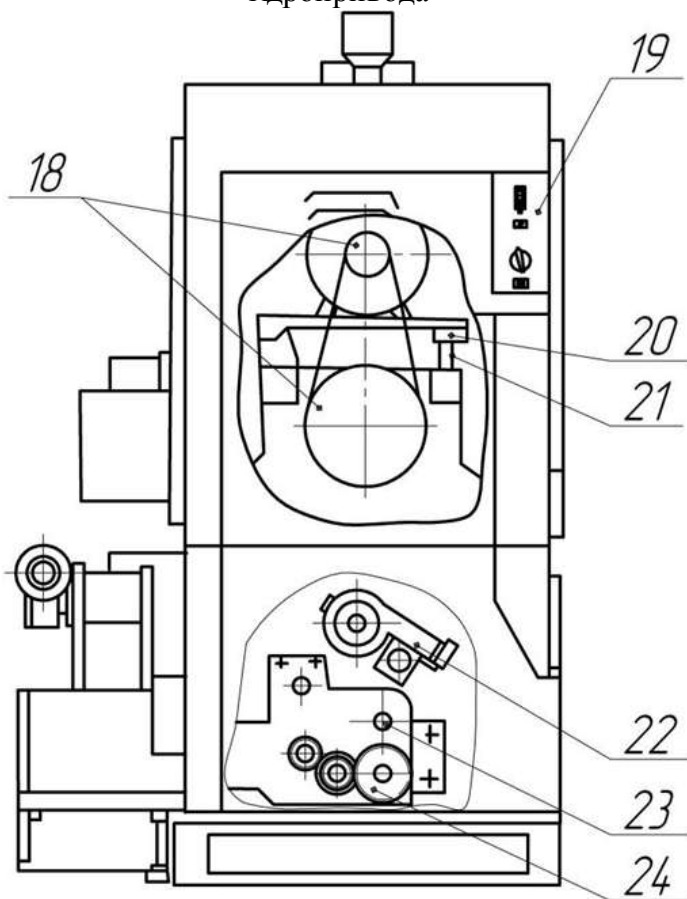


Рисунок 4.7 – Органи керування верстатом 5B312, вигляд із заднього боку: 18 – змінні шківви; 19 – пульт увімкнення мережі реверса головного двигуна; 20 – гвинт фіксації механізму натягування пасів; 21 – квадрат натягування пасів; 22 – гігара диференціала;

23 – хвостовик ручного переміщення стола;

24 – гітара подач

Завдання 4.5. Зважаючи на те, що зазначені органи управління не чітко подані на рисунках, їх обов'язково розглянути на верстаті з коментарями викладача та отримати індивідуальні завдання з ескізування таких елементів керування (ескізи на чернетках олівцем), як:

- гітара ділення;
- упори переміщення стола;
- рукоятка й лімб установа мідцентрової відстані;
- ноніус і шкала встановлення супорта;
- упори контролювання затискання виробу;
- квадрат осьового переміщення фрези;
- гвинт установа разового переміщення фрези;
- квадрат затискання оправки фрези;
- упори переміщення фрезерного стояка;
- квадрат повертання супорта;
- показчик контролювання рівня охолоджувальної рідини та показчик рівня мастила гідропривода;
- змінні шківни;
- гвинт затискання механізму натягання пасів і квадрат натягання пасів [10];
- хвостовик ручного переміщення стола.

Завдання видають індивідуально кожному студенту. Необхідно виконати його в журналі звітів з використанням графічного САД-редактора. *Для самостійної роботи:* виконати одну проєкцію верстата із зазначеннями органів керування.

На верстаті розміщено три пульти керування: основний (рис. 4.8 а) та два допоміжних (рис. 4.8 б, в).

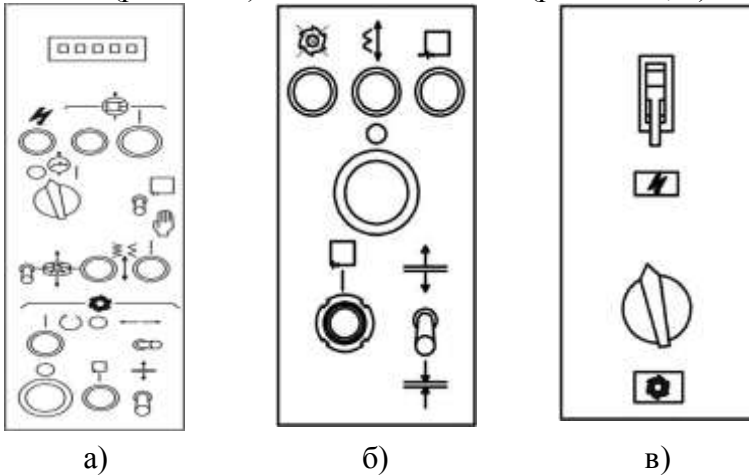


Рисунок 4.8 – Пульти керування верстатом:
а) основний пульт керування; б) пульт керування циклом;
в) пульт увімкнення мережі й реверса головного електродвигуна

Розглянути розміщення пультів на верстаті.

Графічні символи, використовувані на пультах і табличках верстата, наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Графічні символи керування верстатом

<i>Символ</i>	<i>Найменування</i>	<i>Символ</i>	<i>Найменування</i>
	<i>Налагоджувальний режим</i>		<i>Охолодження</i>
	<i>Цикл</i>		<i>Підведення фрези</i>
	<i>Напруга</i>		<i>Відведення фрези</i>
	<i>Обертання фрези</i>		<i>Переміщення стола верстата догори, донизу</i>
	<i>Зміна фрези</i>		
	<i>Затискання виробу</i>		<i>Робоча подача догори, донизу</i>
	<i>Відтискання виробу</i>		
	<i>Гідронасос</i>		

Завдання 4.6. Під час виконання роботи накреслити таблицю, знайти відповідні символи на табличках і пультах верстата.

4.3 Налагодження верстата на нарізання прямозубих циліндричних коліс

Верстат налагоджують у такій послідовності:

- 1) установлення змінних шківів гітари швидкостей ланцюга головного руху;
- 2) установлення інструмента;
- 3) установлення кута нахилу супорта;
- 4) налагодження гітари ділення;
- 5) налагодження гітари подач;
- 6) установлення виробу;
- 7) установлення напрямку подачі;
- 8) установлення міжцентрової відстані;
- 9) установлення упорів довжини фрезерування;
- 10) регулювання осьового переміщення фрези.

1. Установлення змінних шківів гітари швидкостей.

Виконують після розрахунку (налагодження) ланцюга

головного руху, до якого надходять змінні шквіви як органи налагодження. Розглянемо кінематичну схему верстата (рис. 4.9), на якій ланцюг головного руху виділено потовщеною лінією. Обертання від головного двигуна ($P = 7,5$ кВт) через пасову передачу зі змінними шквівами А, Б, вал I, конічну пару 30 і 29, вал II та циліндричні колеса 27 і 28 передається до шпинделя фрези (вал III) [9].

Необхідну частоту обертання фрези визначають із формули налагодження за розрахунковими переміщеннями й рівнянням кінематичного балансу:

$$n_{\text{дв}} \rightarrow n_{\text{ф}},$$

$$n_{\text{ф}} = 1450 \times A / B \times 0,985 \times 30 / 30 \times 16 / 64.$$

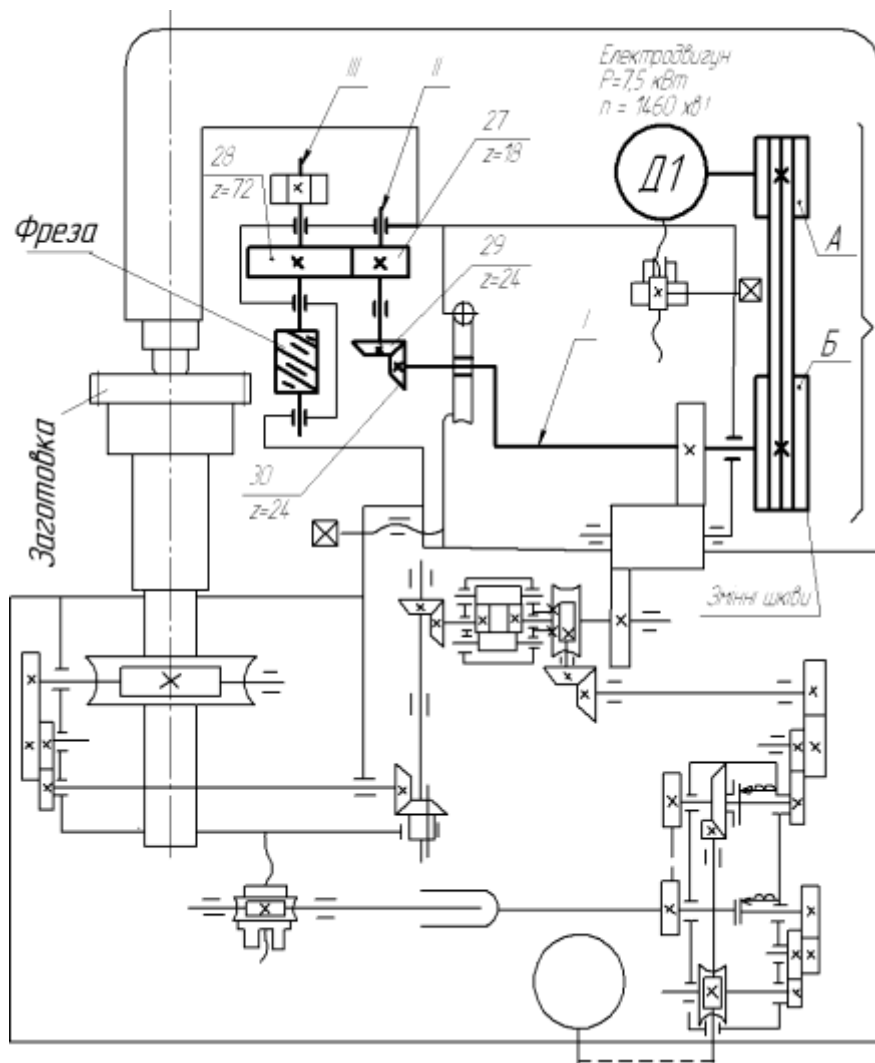


Рисунок 4.9 – Схема кінематична верстата 5B312 із виділеним ланцюгом головного руху

З урахуванням цього можна визначити формулу налагодження гіари швидкостей:

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{\phi}}{K_1},$$

де n_{ϕ} – частота обертання фрези, що визначають за формулою теорії різання

$$n_{\phi} = \frac{1000V}{\pi D_{\phi}},$$

де V – швидкість різання, м/хв;

D_{ϕ} – діаметр фрези, мм;

K_1 – коефіцієнт із рівняння кінематичного балансу.

Завдання 4.7. Розглянути кінематичну схему верстата й визначити ланцюг головного руху з органами налагодження – шківками А та Б. Записати розрахункові переміщення й РКБ головного руху, формулу налагодження. За вихідними даними розрахувати частоту обертання фрези, коефіцієнт K_1 та підібрати змінні шківки за даними з паспорта верстата (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку частоти обертання фрези

V	D_{ϕ}	V	D_{ϕ}	V	D_{ϕ}
40	63	25	50	65	100
50	80	45	125	75	90
60	100	55	63	80	80
30	125	35	80	90	75
Змінні шківки: 90/325, 112/325, 143/325, 143/255, 180/255, 226/255, 255/226, 255/180					

На верстаті орган налагодження (привід головного руху) зі шківками А та Б має вигляд, як на рисунку 4.10.

Завдання 4.8. Накреслити привід, дати текстові відповіді на запитання, подані на рисунку 4.10.

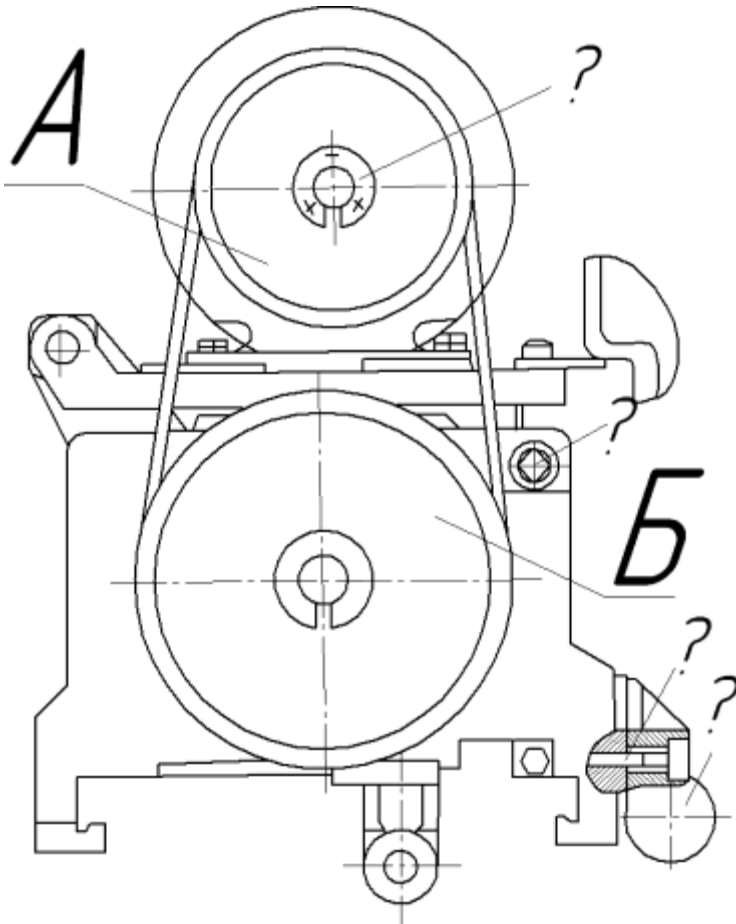


Рисунок 4.10 – Орган налагодження ланцюга головного руху зі змінними шківвами

Примітка. Усі елементи розглянути на верстаті. За можливості продемонструвати зняття й установлення змінних шківвів (бажано за конкретним розрахунком)

З рисунка 4.10 не очевидно, яка пасова передача, тобто однопасова чи багатопасова. Відповідь на це запитання дає рисунок 4.11, на якому привід головного руху зображений у поздовжньому перерізі.

Завдання 4.9. Знайти на кінематичній схемі конструктивні елементи привода, дати відповіді на запитання рисунка 4.11. Накреслити їх під час виконання індивідуального завдання для самостійної роботи.

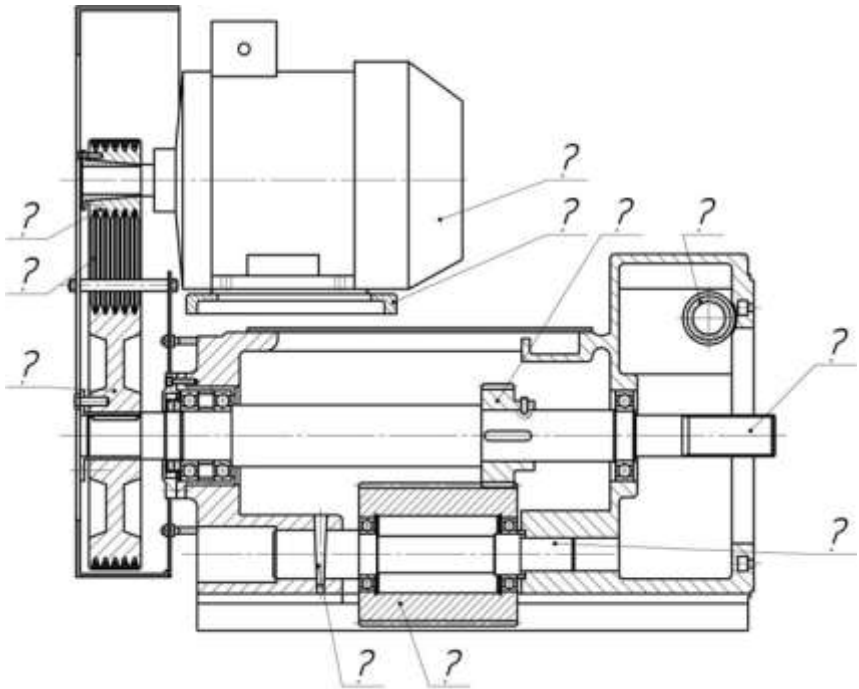


Рисунок 4.11 – Привід головного руху в поздовжньому перерізі

Під час виконання цього розділу роботи також потрібно ознайомитися з конструкцією пристрою для натягання пасової передачі між шківками А та Б.

Проаналізувати конструкцію за кресленням на рисунку 4.12 і розглянути на верстаті.

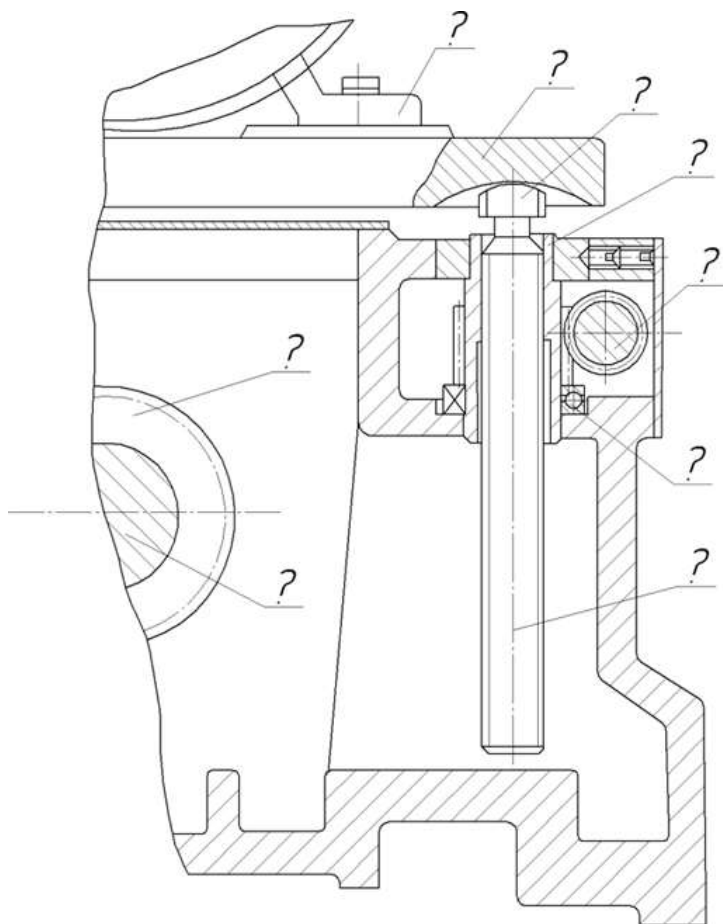


Рисунок 4.12 – Пристрій для натягання пасової передачі між шківками А та Б

Відповіді на поставлені на кресленні запитання одержати під час роботи на верстаті.

З кінематичної схеми випливає, що ланцюг головного руху закінчується супортом, що є основним пристроєм для закріплення різального інструмента – черв'ячної фрези. Зважаючи на це, аналіз конструкції супорта є дуже важливим під час виконання цієї лабораторної роботи. Конструкція супорта наведена на рисунку 4.13.

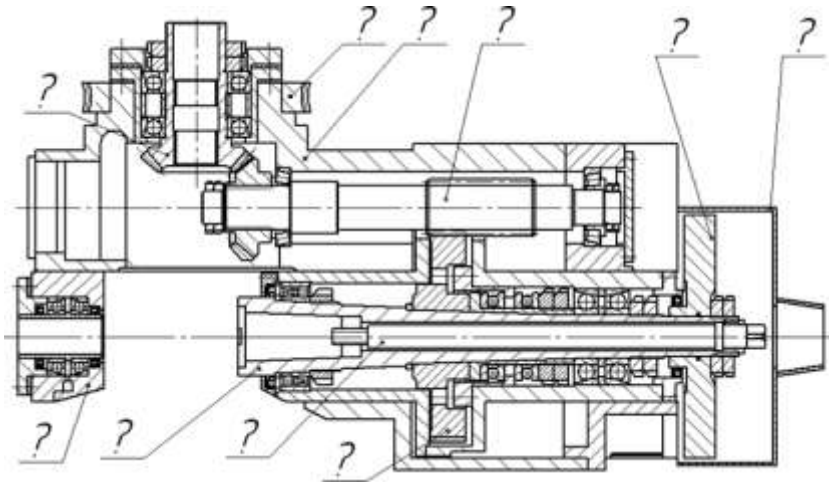


Рисунок 4.13 – Конструкція супорта верстата 5В312

Відповіді на запитання, подані на рисунку 4.13, та будь-які інші варто одержати під час роботи з викладачем. Окремі елементи супорта, доступні для спостереження, розглянути під час роботи на верстаті. Фрагменти креслення супорта виконати як індивідуальне завдання під час самостійної роботи. Запропонувати посадки для складальних елементів супорта, обґрунтувати їх.

2. *Установлення інструмента.* Невід'ємним елементом супорта як під час роботи, так і під час налагодження є різальний інструмент – черв'ячна фреза, установлювана в супорті на спеціальній оправці (рис. 4.14).

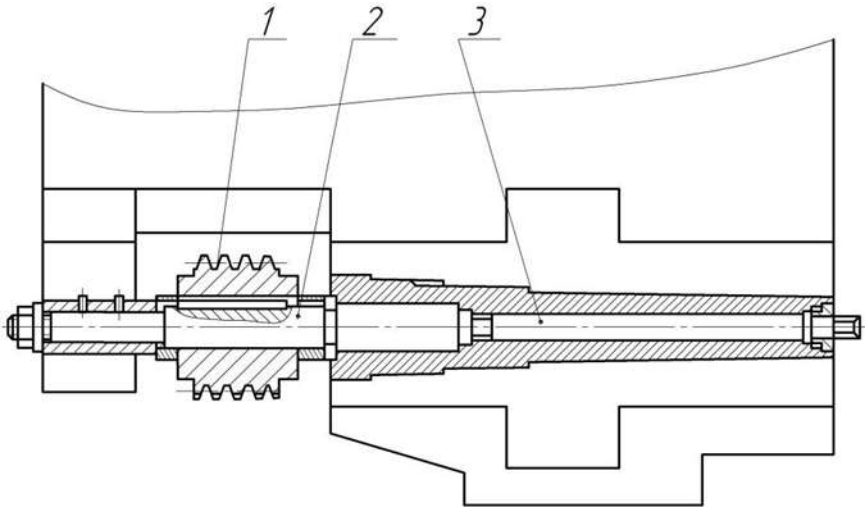


Рисунок 4.14 – Схема розміщення черв'ячної фрези на оправці в супорті верстата:

1 – черв'ячна фреза; 2 – оправка; 3 – шомпол

Під час виконання роботи потрібно продемонструвати встановлення черв'ячної фрези. Звернути увагу на те, що перед розміщенням оправки в супорті поверхні, які з'єднують, обов'язково перевіряють на відсутність стружки, пилу, бруду. Оправка затискається шомполом у супорті спочатку зі значним зусиллям для надійності, а потім його ослаблюють. Це необхідно для компенсації теплового розширення оправки під час роботи фрези.

3. *Установлення кута нахилу супорта.* Здійснюють за допомогою черв'ячної передачі, черв'як якої розміщений у корпусі привода головного руху (рис. 4.15 а), а черв'ячне колесо напресоване на корпусі супорта (рис. 4.15 б). Спільне розміщення вузлів наведено на рисунку 4.16, на якому супорт умовно поданий повернутим на 90° щодо вихідного положення на верстаті.

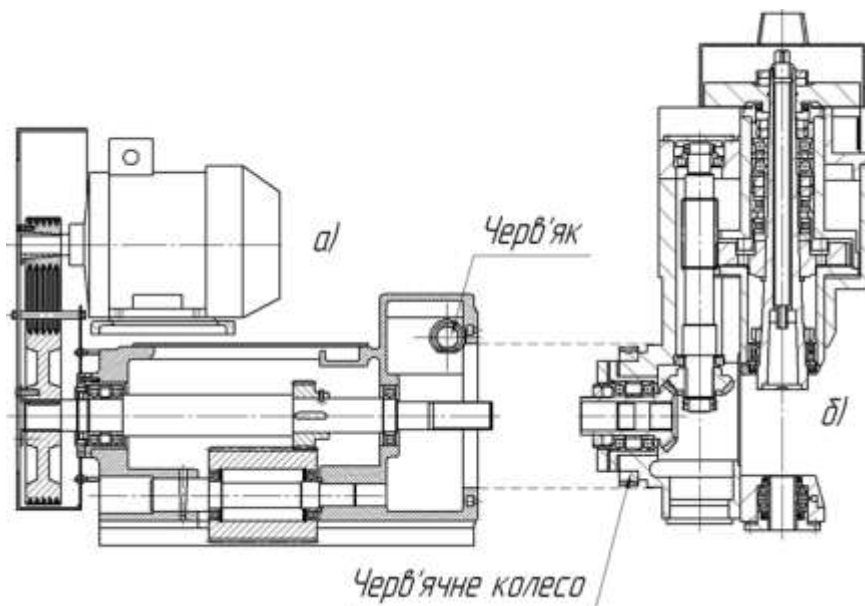


Рисунок 4.15 – Розміщення вузлів до з'єднання

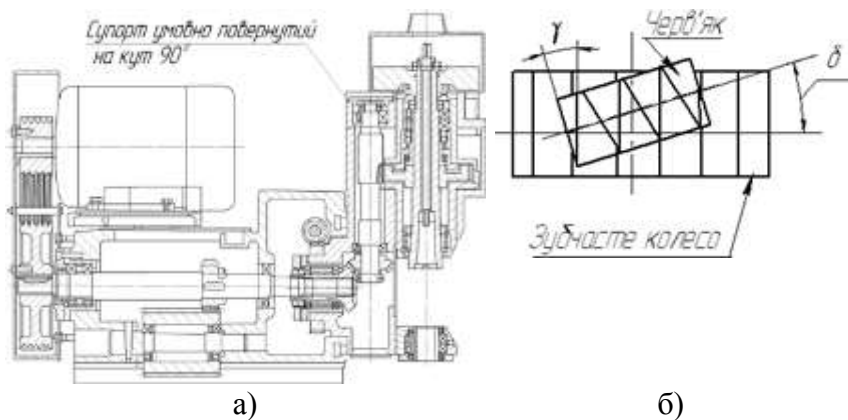


Рисунок 4.16 – Спільне розміщення вузлів а) та схема до пояснення кута нахилу супорта б)

Завдання 4.10. Знайти на верстаті вихідний кінець вала черв'яка. Розглянути, де розміщені шкала й ноніус точного встановлення кута нахилу супорта. Визначити, як супорт затискається після його встановлення на кут нахилу, знайти відповідні елементи на кресленні рисунка 4.16. Крім того, з'ясувати, якому значенню відповідає кут нахилу супорта й де (звідки) його можна одержати. Розглянути механізм осьового переміщення фрези (рис. 4.17) та ознайомитися з принципом його роботи.

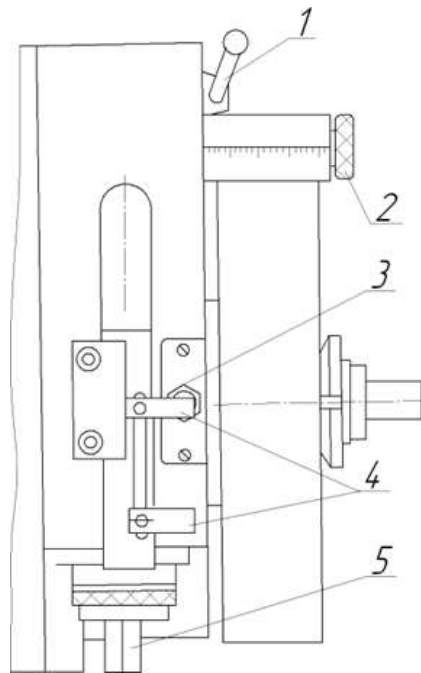


Рисунок 4.17 – Механізм осьового переміщення фрези:
1 – рукоятка затискання – розтискання обгінної муфти;
2 – рукоятка налагодження значення переміщення;
3 – кінцевий вимикач; 4 – упори;
5 – квадрат для зворотного переміщення

4. *Налагодження гітари ділення.* Здійснюють після розрахунку ланцюга ділення за розрахунковими переміщеннями, рівнянням кінематичного балансу, формулою налагодження, вихідними даними, до яких входить кількість зубів на колесі, що нарізується, і кінцевим підбором коліс гітари ділення. Розрахункові переміщення мають вигляд $1/Z_{\phi} \rightarrow 1/Z_k$, що означає, що під час обертання фрези на один зуб (захід фрези) колесо, що нарізується, теж повернеться на один зуб. З урахуванням цього РКБ ланцюга ділення для верстата 5В312 запишемо з кінематичної схеми (рис. 4.18), на якій ланцюг ділення (та обкочування) виділений потовщеною лінією:

$$\frac{1}{Z_{\phi}} = \frac{72}{18} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{40}{56} \cdot \frac{56}{64} \cdot i_{\phi p} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{Z_k}$$

Формула налагодження ланцюга й гітари ділення:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot Z_{\phi p}}{Z_k}$$

де a, b, c, d – зубчасті колеса гітари ділення.

Таблиця 4.3 – Варіанти завдань для розрахунку ланцюга та гітари ділення

№ вар.	Z_{ϕ}	Z_k	№ вар.	Z_{ϕ}	Z_k	№ вар.	Z_{ϕ}	Z_k
1	1	46	8	2	65	15	3	145
2	3	57	9	1	120	16	1	76
3	2	68	10	3	49	17	2	89
4	3	75	11	2	78	18	3	158
5	2	81	12	1	56	19	2	64
6	1	39	13	2	67	20	1	84
7	3	95	14	1	119	21	1	93

Завдання 4.11. За номером варіанта з таблиці 4.3 виконати розрахунок гігари ділення верстата 5В312. Для розрахунку використати таку низку змінних зубчастих коліс гігари: 24, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48 (3 од.), 49, 50, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72 (2 од.), 73, 74, 75, 77, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 97, 98.

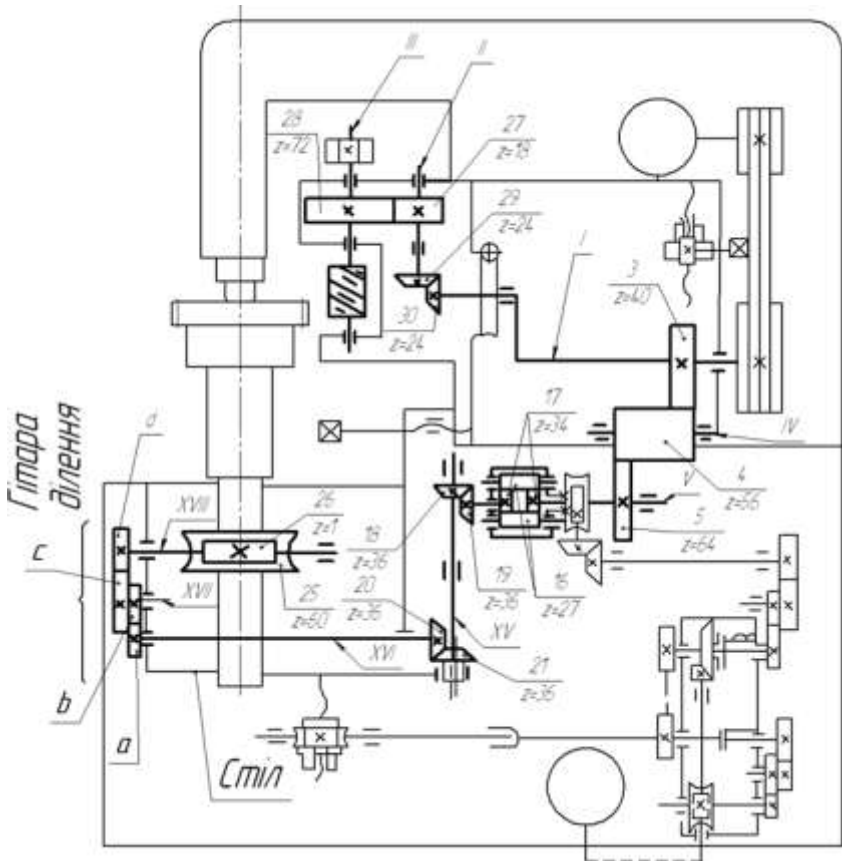


Рисунок 4.18 – Кінематична схема верстата 5В312 із виділеним ланцюгом ділення

Для перевірки потрібно використовувати такі рівняння та нерівність:

$$a + b = 96,$$

$$a + b < c + d.$$

Приклад розрахунку. Розрахувати гітару ділення верстата 5В312 для таких вихідних даних: кількість зубців зубчастого колеса $Z_k = 99$, кількість заходів черв'ячної фрези $Z_\phi = 3$.

Знайдемо відношення гітари ділення:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot 3}{99}.$$

Чисельник і знаменник скоротимо на 9, у результаті чого одержимо

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{8}{11}.$$

Після цього варто підібрати значення зубчастих коліс з урахуванням обмежень та користуючись низкою змінних коліс гітари ділення.

Розглянемо два варіанти:

1) візьмемо відношення ***a до b*** таким, що дорівнює одиниці. У цьому разі відношення $c/d = 8/11$. Призначимо $a = 48$, $b = 48$, у сумі $a + b = 48 + 48 = 96$. Для відношення ***c до d*** помножимо чисельник і знаменник на 7, у результаті чого одержимо

$$\frac{c}{d} = \frac{8 \cdot 7}{11 \cdot 7} = \frac{56}{77}.$$

Перевіряючи, переконуємося, що $a + b < c + d$. Отже, наша гітара буде мати такі значення:

$$a = 48, b = 48, c = 56, d = 77.$$

2) помножимо чисельник і знаменник гігари ділення на 3, у результаті чого одержимо

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{8 \cdot 3}{11 \cdot 3} = \frac{24}{33}.$$

Припустимо, що $a = 24$, $d = 33$. Зважаючи на це, з рівняння $a + b = 96$, $b = 72$. Оскільки в низці змінних коліс є два зубчастих колеса зі значенням 72, призначаємо $c = 72$.

Переконуємося, що $a + b < c + d$.

На верстаті розглянути розміщення гігари, знайти її колеса a , b , c , d за позначеними валами з кінематичної схеми й рисунка 4.19 (індивідуальне завдання до самостійної роботи). Дати відповіді на запитання за рисунком 4.19.

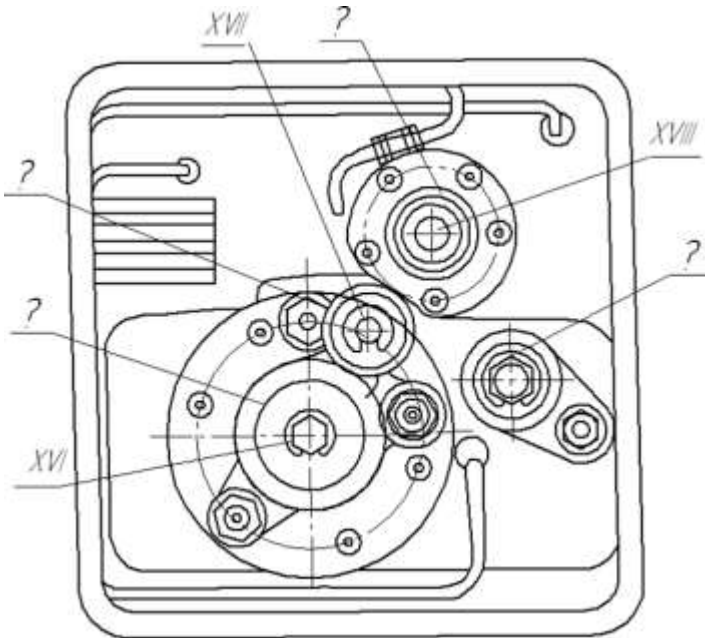


Рисунок 4.19 – Конструкція гігари ділення верстата 5В312

5. *Налагодження гітари подач.* Гітару подач, як і попередню гітару, налагоджують після проведення розрахунків. Розрахункові переміщення ланцюга подач такі:

$$I \text{ об. заготовки} \rightarrow S \text{ вертик., мм/хв.}$$

Запишемо РКБ з кінематичної схеми з виділеним ланцюгом подач (рис. 4.20):

$$2860 \cdot \frac{1}{48} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{1}{20} \cdot t = S, \quad \text{мм/хв,}$$

де t – крок гвинтової пари ($t = 3 \square \pi = 9,42 \text{ мм}$);

a_1, b_1, c_1, d_1 – змінні шестерні гітари подач.

Формула налагодження:

$$a1/b1 \square c1/d1 = S \text{ мм/хв}/28.$$

Приклад налагодження. Налагодити гітару змінних коліс для одержання подачі 52,8 мм/хв. Для налагодження подачі в мм/хв (хвилинної подачі) потрібно враховувати те, що допустимі значення такої подачі можуть відрізнятись від номінального на 10–15 %. Зважаючи на це, підбираємо гітару так: 52,8 / 28, 53 / 28. Із комплекту змінних коліс (с. 32) визначаємо, що є колеса із $Z = 53$ та $Z = 27$. Такі значення практично достатні для одержання заданої подачі. Щодо другої пари коліс, то очевидно, що вони повинні бути однаковими, наприклад 43/43, 47/47, 48/48 тощо. Кінцевий результат такий:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{53}{27} \cdot \frac{43}{43}$$

Перевірку на зачеплення виконати самостійно.

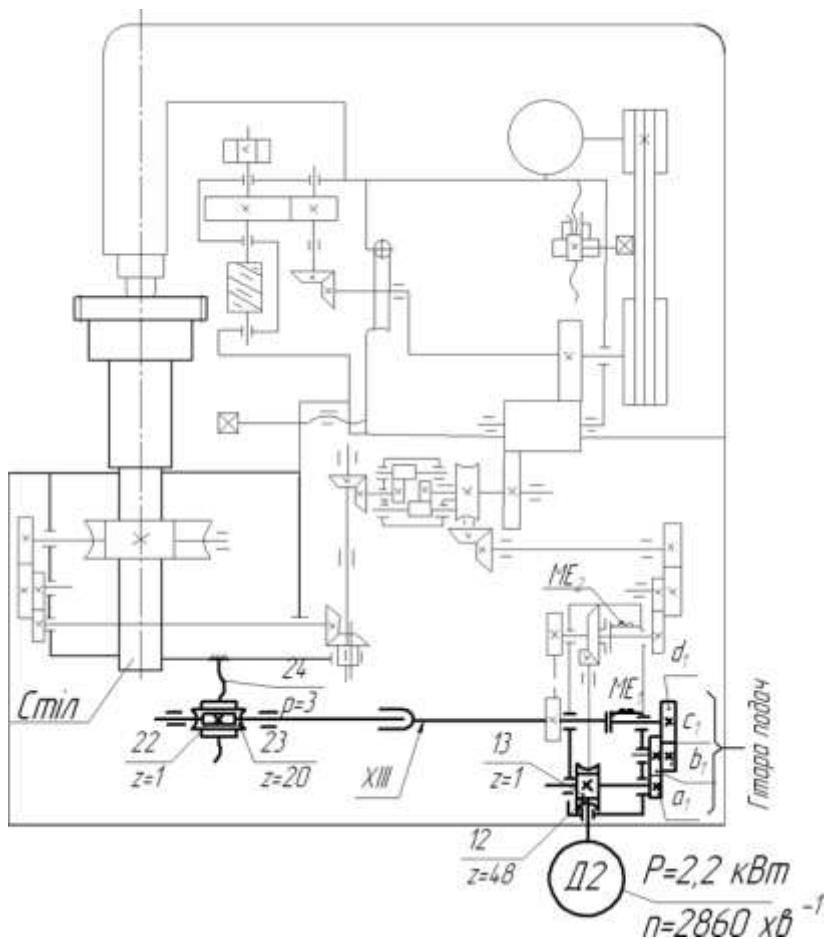


Рисунок 4.20 – Схема кінематична верстата 5B312 із виділеним ланцюгом подач

Гітара подач розміщена на верстаті із заднього боку (рис. 4.21). Розглянути конструкцію гітари на верстаті, намалювати конструктивну схему (індивідуальне завдання).

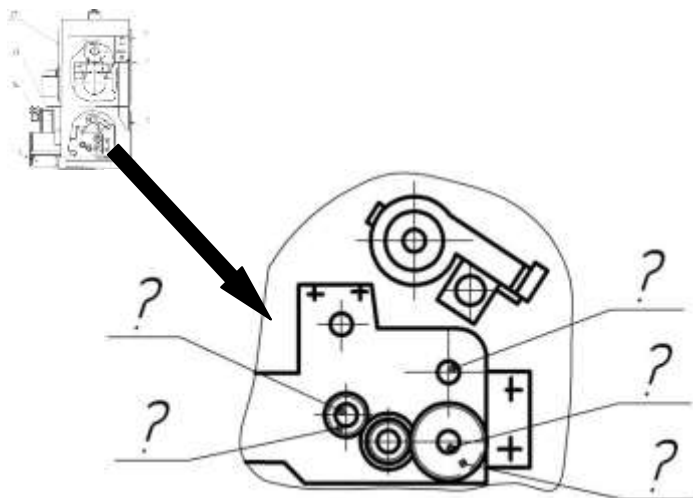


Рисунок 4.21 – Конструктивна схема гітари подач

Варіанти завдань для налагодження гітари подач наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Варіанти завдань для розрахунку ланцюга подач залежно від режимів різання

№ вар.	S, мм/хв	a_1	b_1	c_1	d_1	№ вар.	S, мм/хв	a_1	b_1	c_1	d_1
1	2,6					8	27,3				
2	5,75					9	31,4				
3	7,8					10	33,2				
4	9,1					11	49				
5	13,6					12	7,05				
6	15,5					13	11,1				
7	20,3					14	13,4				

Значення змінних шестерень: 25 (2 од.), 27, 30, 32, 33 (2 од.), 34 (2 од.), 35 (2 од.), 37 (2 од.), 40, 41 (2 од.), 43 (2 од.)

од.), 45, 47 (2 од.), 48 (2 од.), 49 (2 од.), 50, 53 (2 од.), 54, 55 (2 од.), 56 (2 од.), 58, 59 (2 од.), 60, 61 (2 од.), 62 (2 од.), 63, 64 (2 од.), 65, 67, 69, 70, 71 (2 од.), 72, 73, 74, 75, 77, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 97, 98.

б. *Установлення виробу.* Або здійснюється в центрах, або затискається в цанзі, або розміщується в допоміжному пристрої на столі верстата (рис. 4.22).

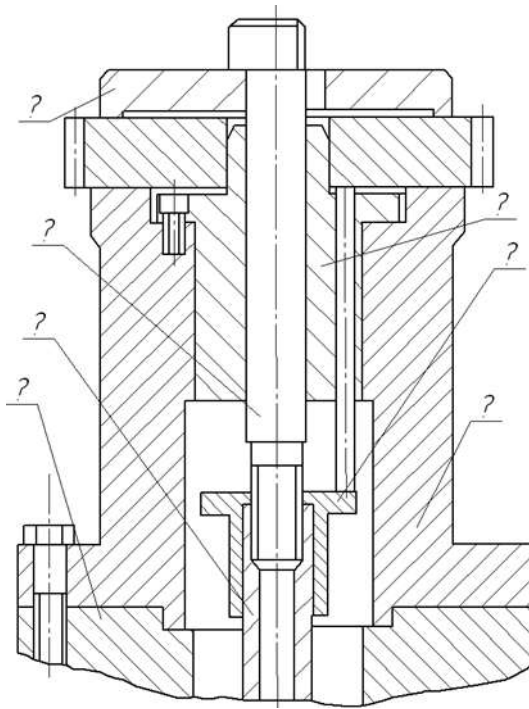


Рисунок 4.22- Допоміжний пристрій для затискання виробу на столі верстата

Завдання 4.12. Розглянути конструкцію пристрою за рисунком і на верстаті, дати відповіді на запитання за рисунком 4.22. Накреслити пристрій (як індивідуальне

завдання), запропонувати конструктивну схему закріплення виробу в центрах та цанзі.

7. *Установлення напрямку подачі.* Залежно від напрямку робочої подачі (попутне чи зустрічне фрезерування) стіл із заготовкою рухається донизу чи догори. Напрямок руху стола регулюють вимикачем, розміщеним на панелі керування (рис. 4.8).

Завдання 4.13. Ознайомитися з розміщенням вимикача та за допомогою викладача набути навичок роботи з вимикачем і зміною напрямку руху стола. Для прискореного переміщення стола в приводі подач передбачений допоміжний двигун (див. кінематичну схему рис. 4.20).

8. *Установлення міжцентрової відстані.* Поняття міжцентрової відстані є важливим під час налагодження зубофрезерного верстата. У цьому разі це відстань між віссю заготовки та віссю черв'ячної фрези (рис. 4.23). Реальну відстань потрібно розрахувати за даними фрези й заготовки.

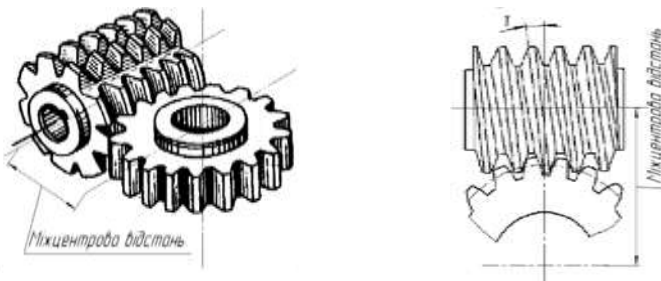


Рисунок 4.23 – Схеми до поняття міжцентрової відстані

На верстаті міжцентрову відстань налагоджують у такій послідовності (рис. 4.24):

1) обертанням за квадрат 6 висунути гвинт 5 до контакту з опорою 3;

2) увімкнути гідропривід, установити й затиснути деталь на оправці шпинделя, натиснути на кнопку «Підведення стояка» на пульті налагодження;

3) прискорено перемістити стіл догори або донизу так, щоб фреза стала вище або нижче за виріб;

4) установити шкалу лімба 7 так, щоб риска його нульової поділки збігалася з рисою на корпусі фланця;

5) обертанням квадрата 6 за годинниковою стрілкою встановити лімб у такому положенні, щоб поділка на корпусі фланця збігалася з поділкою на лімбі, що відповідає висоті зуба оброблюваного колеса;

6) установити упор 1 так, щоб був увімкненим кінцевий вимикач. Від установлення упора 2 залежить значення відведення стояка в кінцеве положення;

7) відвести стояк у вихідне положення натисканням на кнопку «Відведення стояка».

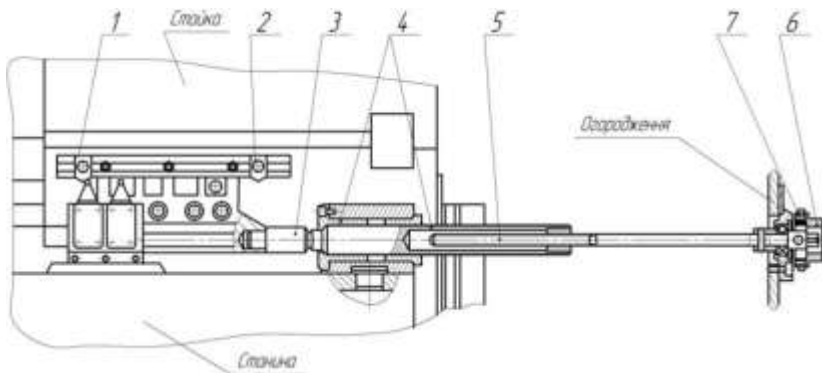


Рисунок 4.24 – Механізм налагодження міжцентрової відстані

Завдання 4.14. Провести всі зазначені етапи налагодження міжцентрової відстані на верстаті під керівництвом викладача. Механізм налагодження міжцентрової відстані виконати як індивідуальне завдання.

9. *Установлення упорів довжини фрезерування.* Упори 2 (рис. 4.6) для налагодження довжини фрезерування розміщуються з переднього боку верстата.

Для їх налагодження додержуються такої послідовності:

- фрезу підводять до дотику із заготовкою;
- опускають або піднімають стіл так, щоб фреза під час її переміщення на заготовку не торкалася до останньої;
- переміщенням стола виконують зазор 2–3 мм між фрезою й заготовкою;
- упор (верхній або нижній) установлюють у положення натискання на кінцевий вимикач і затискають;
- процедуру повторюють за розміщення фрези над заготовкою й під нею.

Завдання 4.15. Розглянути розміщення упорів і набути навичок установлення упорів на довжину фрезерування під керівництвом викладача.

10. *Регулювання осьового переміщення фрези.* Повна довжина осьового переміщення фрези здійснюється за упорами 4 (рис. 4.17). У результаті натискання упором на кінцевий вимикач 3 у кінці переміщення фрези на пульті загорається сигнальна лампа й верстат вимикається. Щоб налагодити упори, потрібно роз'єднати обгінну муфту рукояткою 1, а за квадрат 5 перемістити пінолю з фрезою в крайнє положення праворуч та зафіксувати перший упор, потім перемістити пінолю з фрезою в крайнє положення ліворуч, виставити упор і зафіксувати її. Упродовж цього сигнальна лампа горить. Другий упор змістити праворуч так, щоб сигнальна лампа потухла. Зчепити обгінну муфту.

Завдання 4.16. Відрегулювати осьове переміщення фрези під керівництвом викладача, користуючись поданим описом і рисунком 4.17

Завершити роботу демонструванням нарізання циліндричного зубчастого колеса на верстаті 5В312.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Локтева С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы / С. Е. Локтева. – Москва : Машиностроение, 1986. – С. 80–81.
2. Паспорт верстата моделі 16K20T1.01.
3. Металлорежущие станки : учебное пособие / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1980. – 500 с.
4. Металлорежущие станки / под ред. В. Э. Пуша. – Москва : Машиностроение, 1986. – 486 с.
5. Паспорт зубообробного верстата 5140.
6. Паспорт зубофрезерного верстата моделі 5B312.
7. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів : навчальний посібник / Ю. М. Данильченко, О. В. Шевченко, В. А. Ковальов, В. Н. Волошин. – Київ : НТУУ «КПІ», 2007. – 60 с.
8. Металлорежущие станки и автоматы : учебник для машиностроительных вузов / под. ред А. С. Проникова. – Москва : Машиностроение, 1981. – 479 с.
9. Станочное оборудование автоматизированного производства / под ред. В. В. Бушуева. – Москва : Станкин, 1994. Т. 1.
10. Шавлюга Н. И. Расчет и примеры наладок зубофрезерных и зубодолбежных станков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 168 с.

ДОДАТОК А (довідковий)

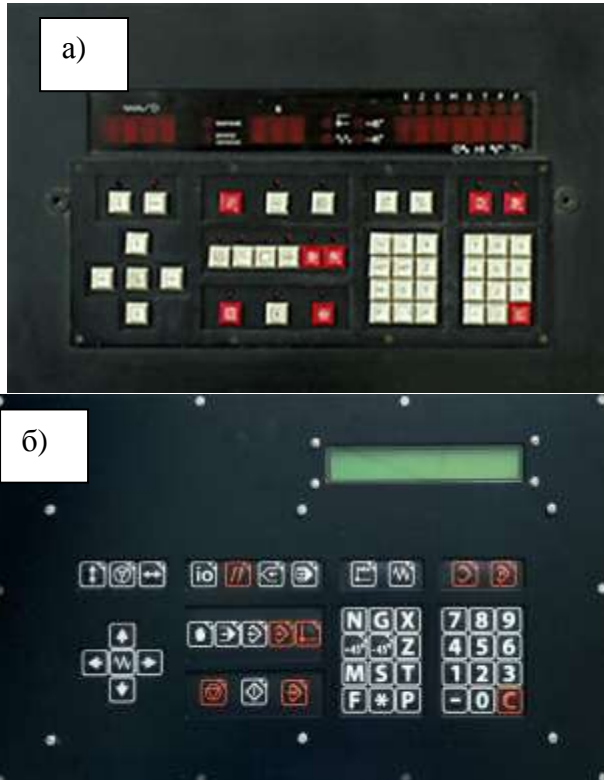


Рисунок А.1 – Електроніка НЦ 31 із клавшним (а) та сенсорним (б) пультами управління

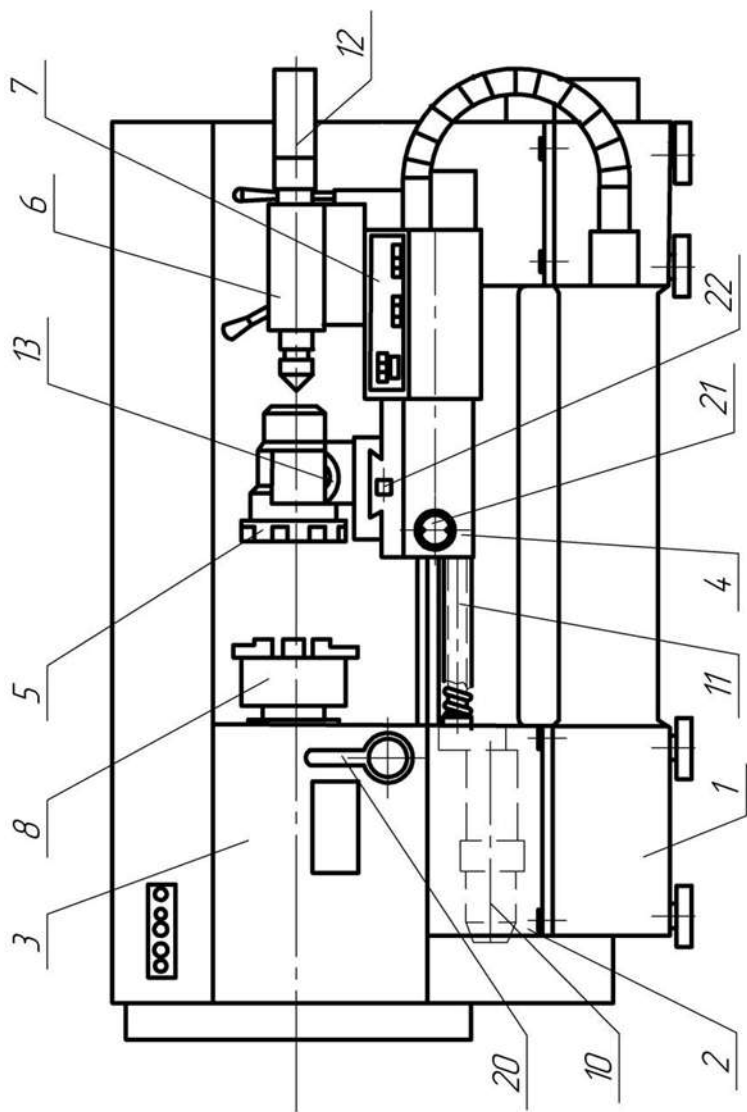


Рисунок А.2 – Спрощене виконання загального вигляду верстата 16K20T1.01

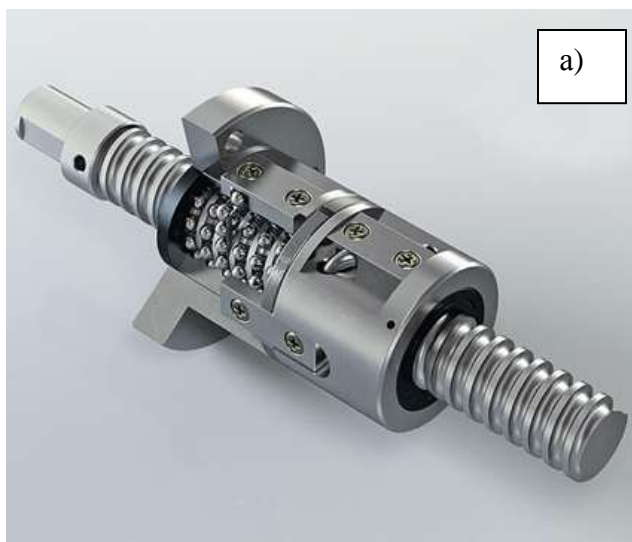


Рисунок А.3 – Кулькова гвинтова передача (а)
та конструктивні елементи АКШ (б)

ДОДАТОК Б (довідковий)

Таблиця Б.1 – Кількість отворів на двобічному діпильному диску

Перший бік	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31
Другий бік	33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54

Таблиця Б.2 – Набір змінних зубчастих коліс до діпильної головки

Набір	Кількість зубів
П'ятковий	25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 100
Парний	24, 24, 28, 32, 40, 44, 48, 54, 64, 72, 86, 100

ДОДАТОК В (обов'язковий)

Приклади розрахунків під час фрезерування зубчастих коліс на верстатах типу 6П80

Приклад 1. Нарізати зубчасте колесо з прямим зубом, $Z = 77$, $m = 1,5$. Матеріал заготовки – сталь 18ХГТ. Характеристика голівки $N = 40$. Знайти діаметр заготовки, глибину фрезерування, підібрати фрезу, зробити розрахунки налагодження ділильної головки й режимів різання. Використати п'ятковий набір змінних коліс. Глибина фрезерування: $t = 2,25 m = 3,38$ мм. Для $Z = 77$ вибираємо дискову модульну фрезу № 7 із набору № 8 (табл. 2.1). Матеріал фрези – швидкорізальна сталь Р6М5. Наявна кількість отворів на лімбі (див. додаток Б) не дає змоги застосувати простий розподіл, тому застосовуємо складний і беремо $Z_X = 80$.

Визначаємо передатне відношення диференціальної гідари:

$$i_x = \frac{40}{80}(80 - 77) = \frac{40 \cdot 3}{80} = \frac{70}{35} \cdot \frac{30}{40}.$$

Беремо $a = 70$, $b = 35$, $c = 30$, $d = 40$ (рис. 2.8).

Обертання лімба повинне бути в одному напрямку з обертанням рукоятки, тому що $Z_X > Z$. Кількість обертів рукоятки

$$n = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}.$$

Режим різання. Беремо подачу $S_{\text{ТАБЛ}} = 25$ мм/хв. Фактична подача за паспортом верстата $S = 22,4$ мм/хв. Швидкість різання визначаємо за формулою

$$V = V_{ТАБЛ} \times K_1 \times K_2 \times K_3 ,$$

де K_1 – урахує якість різального інструмента;

K_2 – урахує оброблюваний матеріал;

K_3 – урахує стійкість інструмента.

Вибираємо $V_{ТАБЛ} = 32,4$ м/хв; $K_1 = 0,6$; $K_2 = 1,4$;
 $K_3 = 1,04$:

$$V = V_{ТАБЛ} \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 32,4 \times 0,6 \times 1,04 \times 1,4 = 27,19 \text{ м / хв.}$$

Частота обертання фрези:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 27,19}{3,14 \times 70} = 124 \text{ об / хв.}$$

Фактичну кількість обертів визначаємо за паспортом верстата (або з таблиць на верстаті): $n_{\phi} = 140$ хв⁻¹.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times D \times n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \times 70 \times 140}{1000} = 30,8 \text{ м / хв.}$$

Приклад 2. Нарізати зубчасте колесо зі спіральним зубом і $Z = 25$. Модуль нормальний $m = 3$ мм, кут нахилу зубів $\beta = 45^\circ$, розрахунковий діаметр заготовки $D = 112$ мм, характеристика голівки $N = 40$, крок ходового гвинта стола $t = 6$ мм. Потрібно підібрати фрезу й розрахувати налагодження ділильної головки. Номер фрези визначають за еквівалентною кількістю зубів:

$$Z_x = \frac{Z}{\cos^3 \beta} = \frac{25}{\cos^3 45^\circ} = \frac{25}{(0,707)^3} = 71 .$$

Для $Z_x = 71$ вибираємо фрезу № 7 (із будь-якого комплекту, табл. 2.1).

Кількість обертів рукоятки ділильної головки дорівнює одному повному оберту й 15 крокам на діаметрі лімба з 25 отворами:

$$n = \frac{N}{Z} = \frac{40}{25} = 1 \frac{15}{25}.$$

Крок нарізної спіралі визначають за формулою

$$T = \frac{p \times D}{\operatorname{tg} \beta}.$$

У цьому прикладі крок нарізної спіралі дорівнює

$$T = \frac{3,14 \times 112}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 351 \text{ мм}.$$

Кут ω повертання стола верстата дорівнює куту β , тобто 45° .

Передатне відношення змінних зубчастих коліс гідари:

$$\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{40 \times t}{351} = \frac{40 \times 6}{351} = \frac{240}{350} = \frac{40}{70} \times \frac{60}{50}.$$

Отже, $a_1 = 40$, $b_1 = 70$, $c_1 = 60$, $d_1 = 50$.

Перевірка на зачеплення:

$$a_1 + b_1 > c_1 + (15 \dots 20) \text{ або } 40 + 70 > 60 + 20,$$

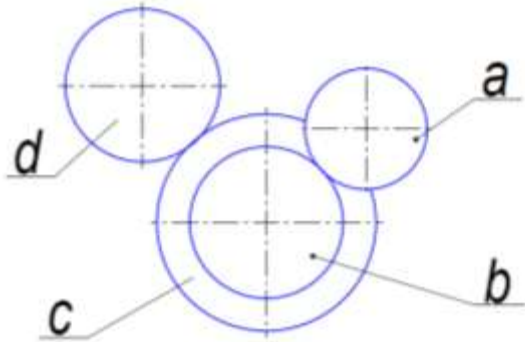
$$a_1 + d_1 > b_1 + (15 \dots 20) \text{ або } 60 + 50 > 70 + 20.$$

Умови зачеплення коліс гідари виконуються.

ДОДАТОК Г (довідковий)

Таблиця Г.1 – Зубчасті колеса гігари ділення

Z	a	b	c		d	Z	a	b	c		d
			x	Z _д					x	Z _д	
30	80	40	1	30	60	50	80	40	1	50	100
	70	50	2	60	84		60	60	2	100	100
31	80	40	1	31	62	51	80	40	1	51	102
	60	60	2	62	62		60	60	2	102	102
32	80	40	1	32	64	52	80	40	1	52	104
	60	60	2	64	64		60	60	2	104	104
33	80	40	1	33	66	53	80	40	1	53	106
	60	60	2	66	66		60	60	2	106	106
34	80	40	1	34	68	54	80	40	1	54	108
	60	60	2	68	68		60	60	2	108	108
35	80	40	1	35	70	55	60	60	1	55	55
	60	60	2	70	70		40	80	2	110	55
36	80	40	1	36	72	56	60	60	1	56	56
	60	60	2	72	72		40	80	2	112	56
37	80	40	1	37	74	57	60	60	1	57	57
	60	60	2	74	74		40	80	2	114	57
38	80	40	1	38	76	58	60	60	1	58	58
	60	60	2	76	76		40	80	2	116	58
39	80	40	1	39	78	59	60	60	1	59	59
	60	60	2	78	78		40	80	2	118	59
40	80	40	1	40	80	60	72	48	1	60	90
	60	60	2	80	80		40	80	2	120	60
41	80	40	1	41	82	61	60	60	1	61	61
	60	60	2	82	82		40	80	2	122	61



$$\frac{a}{b} \frac{c}{d} = x \quad \frac{z_0}{z} = x$$

$$x = 1, 2$$

Рисунок Г.1 – Схема гітари ділення (та обкочування)

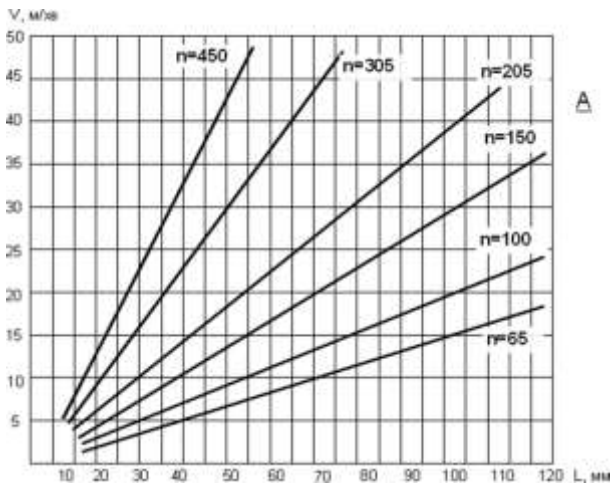


Рисунок Г.2 – Номограма для визначення кількості подвійних рухів / хв

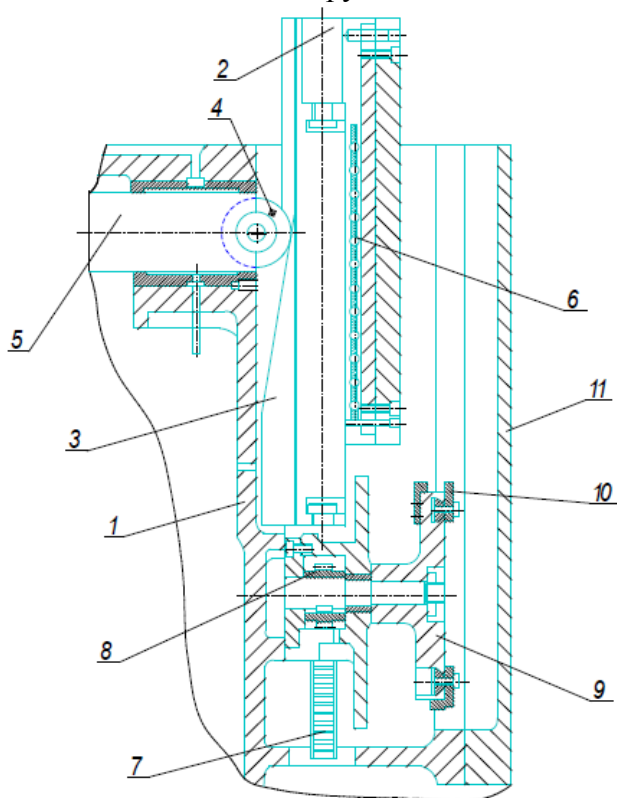


Рисунок Г.3 – Схема механізму радіального врізання верстата 5140

Таблиця Г.2 – Переміщення шпоселя за параметрами налагодження

<i>b</i>	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
<i>R</i>	46	43	40	38	35	32	29	26	23	20	17
$l_1 + l_2$	6	5,5	5	5	4,5	4	4	3,5	3	3	2

У таблиці позначені:

b – ширина заготовки;

R – значення ексцентриситету;

$l_1 + l_2$ – перебіг довбика.

Розрахункові формули:

$$L = 2R = b/\cos 30^\circ,$$

$$L = b + l_1 + l_2,$$

де L – довжина ходу довбика.

ДОДАТОК Д (довідковий)

Таблиця Д.1 – Значення коліс гітари ділення
верстата 5В312

z	a	b	c	d	z	a	b	c	d
46	32	64	72	69	56	32	64	60	70
57	72	24	40	95	67	48	48	48	67
68	24	72	72	34	119	40	56	24	85
	48	48	60	85	145	36	60	48	58
75	48	48	48	50		36	60	72	87
81	48	48	48	81	76	32	64	60	95
39	48	48	40	65	89	48	48	48	89
95	48	48	72	95	158	32	64	72	79
65	48	48	48	65	64	48	48	48	64
120	24	72	45	75	84	32	64	40	70
49	72	24	48	98	93	24	72	48	62
	48	48	72	49					
78	48	48	40	65					
	64	32	24	78					

Таблиця А.2 – Значення подач (мм/хв) та відповідних їм коліс гітари подач верстата 5В312

S, мм/хв	a₁	b₁	c₁	d₁	S, мм/хв	a₁	b₁	c₁	d₁
2,6	25	71	25	95	7,05	27	69	47	73
5,75	32	64	35	85	11,1	32	64	53	67
7,8	37	59	37	83	13,4	34	62	56	64
9,1	37	59	41	79	31,4	61	35	47	73
13,6	53	43	34	86	36,5	62	34	50	70
15,5	55	41	35	85	47,4	64	32	55	65
20,3	56	40	41	79	62,6	69	27	56	64
27,3	61	35	43	77	78,6	72	24	58	62
31,4	71	25	34	86	94	71	25	65	55
33,2	72	24	34	86	52,8	62	34	61	59
49	64	32	56	64					

Значення змінних шестерень гітари подач: 25 (2 од.), 27, 30, 32, 33 (2 од.), 34 (2 од.), 35 (2 шт.), 37 (2 од.), 40, 41 (2 од.), 43 (2 од.), 45, 47 (2 од.), 48 (2 од.), 49 (2 од.), 50, 53 (2 од.), 54, 55 (2 од.), 56 (2 од.), 58, 59 (2 од.), 60, 61 (2 од.), 62 (2 од.), 63, 64 (2 од.), 65, 67, 69, 70, 71 (2 од.), 72, 73, 74, 75, 77, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 97, 98.

Електронне навчальне видання

Довгополов Андрій Юрійович,
Нешта Анна Олександрівна,
Колесник Віталій Олександрович

ОБЛАДНАННЯ І ТРАНСПОРТ МЕХАНООБРОБНИХ ЦЕХІВ (лабораторний практикум)

Навчальний посібник

Редактор О. В. Федяй
Комп'ютерне верстання А. Ю. Довгополова

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 11,28. Обл.-вид. арк. 4,62.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.