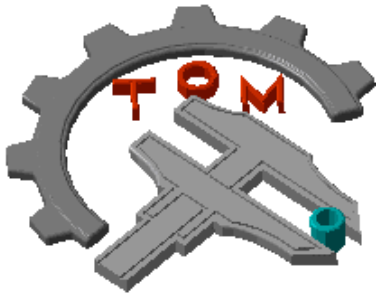


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ КОЛЕДЖ
ЛОЗІВСЬКА ФІЛІЯ



А.М.Ткаченко

Металорізальні верстати та автоматичні лінії

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ



Лозова 2018

Ткаченко А. М.

Металорізальні верстати та автоматичні лінії: лабораторні роботи / А.М.Ткаченко.
– ЛФХДАДК, 2018. – 64 с.

Цикл лабораторних робіт з дисципліни «Металорізальні верстати та автоматичні лінії» охоплює універсальні верстати (токарно-гвинторізний та консольно-фрезерний верстати), автоматизовані (токарно-револьверний верстат з цикловим програмним керуванням), напівавтомати (зубофрезерний верстат), а також автомати (автомат поздовжнього точіння). Для виконання кожної лабораторної роботи на самостійне опрацювання студентам пропонується розділ «Методичні вказівки», де розглянуті особливості конструкції та кінематики металорізальних верстатів і обладнання до них, призначення та способи наладки, а також необхідні формули для розрахунків, пов'язаних з виконанням експериментальної частини або наладки верстата.

Лабораторні роботи з дисципліни «Металорізальні верстати та автоматичні лінії» для студентів ВНЗ I-II рівнів акредитації спеціальності «Галузеве машинобудування» розглянуті та схвалені на засіданні циклової комісії «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях» (протокол № 4 від 06 листопада 2018 р.) та рекомендовані для практичного використання студентами.

ЗМІСТ

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 Токарно-гвинторізний верстат	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 Токарно-револьверний верстат	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 Автомати поздовжнього точіння	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 Фрезерні верстати	39
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 Зубофрезерний верстат	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Операції, що виконуються до початку роботи та під час експлуатації верстата:

- ✓ привести до ладу власний одяг та волосся так, щоб не було змоги захватити їх частинами верстата, що обертаються, або заготовкою. Застебнути рукава, зняти краватку;
- ✓ привести до ладу робоче місце: забезпечити відсутність сторонніх предметів, не залишати на верстаті нічого іншого окрім встановленої заготовки;
- ✓ перевірити справність верстата та пристроїв, що використовуються; справність механізмів управління верстатом; наявність та справність захисних пристроїв; справність огороження токоведучих частин електричної апаратури; перевірити, чи не обірвано провідник заземлення верстата; справність екранів для захисту від стружки та від мастильно-охолоджувальної рідини; справність патронів та інших пристосувань для закріплення оброблюваних виробів та ріжучого інструменту.

Забороняється працювати на несправних верстатах або на верстатах зі знятими огороженнями:

- ✓ надійно та жорстко закріпити заготовку, що оброблюється на верстаті;
- ✓ перед включення електродвигуна верстата слід вимкнути рукоятки управління верстатом або встановити їх у нейтральне положення; впевнитися, що включення верстата нікому не загрожує небезпекою;
- ✓ під час роботи верстата забороняється: встановлювати та знімати заготовку; замінювати різальні інструменти; перемикаєти рукоятки коробки швидкостей; передавати які-небудь предмети через верстат; чистити та змащувати верстат; гальмувати рукою патрон після вимкнення верстата; підводити супорт з різцем близько до кулачків патрону, який обертається.

Навчально-методична картка

Лабораторна робота № 1

Дисципліна:	Металорізальні верстати та автоматичні лінії
Тема заняття:	Токарно-гвинторізний верстат
Мета заняття:	
навчальна –	вивчити конструкції та кінематики токарно-гвинторізного верстата; навчитися виконувати необхідні розрахунки для обробки конічних поверхонь і нарізання заданої різьби; навчитися за розробленими розрахунками встановлювати поворотну частину супорта;
розвиваюча –	сприяти розвитку самостійного мислення; удосконалювати здатність аналізувати і узагальнювати інформацію;
виховна –	виховувати відчуття колективізму.
Вид заняття:	Лабораторне заняття
Тип заняття:	Розвиток і корекція компетентностей
Забезпечення заняття:	Інструкційна картка; кінематична схема верстата 16K20; токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20; набір слюсарних інструментів; пруткова заготовка
Література:	[1] с. 41–46, [2] с. 117–125, [3] с. 110–124, [4]

СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

1. Організаційна частина (перевірка присутності, відповіді на питання студентів, інструктаж з ТБ)
2. Актуалізація опорних знань (бесіда)
3. Ознайомлення з порядком проведення лабораторної роботи (розповідь)
4. Ознайомлення зі змістом звіту (розповідь)
5. Узагальнення теоретичного матеріалу (бесіда)
6. Виконання лабораторної роботи (самостійне виконання за індивідуальним варіантом)
7. Підведення підсумків заняття (бесіда)

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ № 1

з теми «Токарно-гвинторізний верстат»

1. Інструктаж з техніки безпеки

2. Порядок проведення роботи

- 2.1 Ознайомитись зі складом, кінематикою, керуванням та принципом роботи верстата.
- 2.2 Проаналізувати особливості настройки приводу шпинделя та поздовжніх подач при точінні і нарізанні різьби.
- 2.3 Отримати навички наладки верстата на різні режими роботи, керування роботою супортів при робочому ході та при прискорених рухах.
- 2.4 Виконати налагодження токарної операції для виготовлення конкретної деталі згідно з завданням.

3. Зміст звіту

- 3.1 Тема, мета, обладнання лабораторної роботи.
- 3.2 Призначення верстата.
- 3.3 Класифікація верстата: технологічне призначення, система управління, маса, точність, розшифровка позначення верстата.
- 3.4 Рухи у верстаті: головний, подачі, допоміжні.
- 3.5 Перелік інструментів, що використовуються на верстаті.
- 3.6 Технічні характеристики верстата.
- 3.7 Загальний вигляд верстата з позначенням основних вузлів.
- 3.8 Кінематична схема верстата.
- 3.9 Розгорнуті формули кінематичних ланцюгів приводів головного руху та подач.
- 3.10 Тип виробництва, у якому переважно використовується верстат.
- 3.11 Індивідуальне завдання.
- 3.12 Висновки по роботі.

4. Методичні вказівки

4.1 Призначення та технічна характеристика

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20 призначений для різноманітних токарних робіт, нарізання різьби (метричної, дюймової, модульної, пітчової) різцем, свердлування отворів, обточування конусів в умовах як одиничного, так і серійного виробництва.

Технічна характеристика верстата

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:

над станиною, мм	400
над супортом, мм	220
Відстань між центрами, мм	700
Діаметр отвору шпинделя, мм	52
Конус Морзе шпинделя	№ 6
Кількість частот обертання шпинделя	22
Найменша частота обертання шпинделя, хв^{-1}	12,5
Найбільша частота обертання шпинделя, хв^{-1}	1600
Кількість подач	23
Найменша поздовжня подача, мм/об	0,05
Найбільша поздовжня подача, мм/об	2,8
Крок нарізання різьби:	
метричної, мм	0,5 – 112
дюймової, ниток/дюйм	56 – 0,25
Потужність основного ел. двигуна, кВт	10
Потужність допоміжного ел. двигуна, кВт	1,0

4.2 Будова та керування верстатом

Верстат моделі 16К20 складається з таких вузлів (рис.1.1):

1. Станина.
2. Передня бабка з коробкою швидкостей.
3. Шпиндель.
4. Різцетримач.

5. Поперечний супорт.
6. Верхній супорт.
7. Поздовжній супорт.
8. Піноль задньої бабки (з внутрішнім конусом Морзе).
9. Задня бабка.
10. Рукоятка зажиму задньої бабки.
11. Задня тумба.
12. Ходовий гвинт.
13. Ходовий вал
14. Важіль вмикання обертання шпинделя.
15. Фартух поздовжнього супорта.
16. Корито.
17. Коробка подач.
18. Передня тумба.

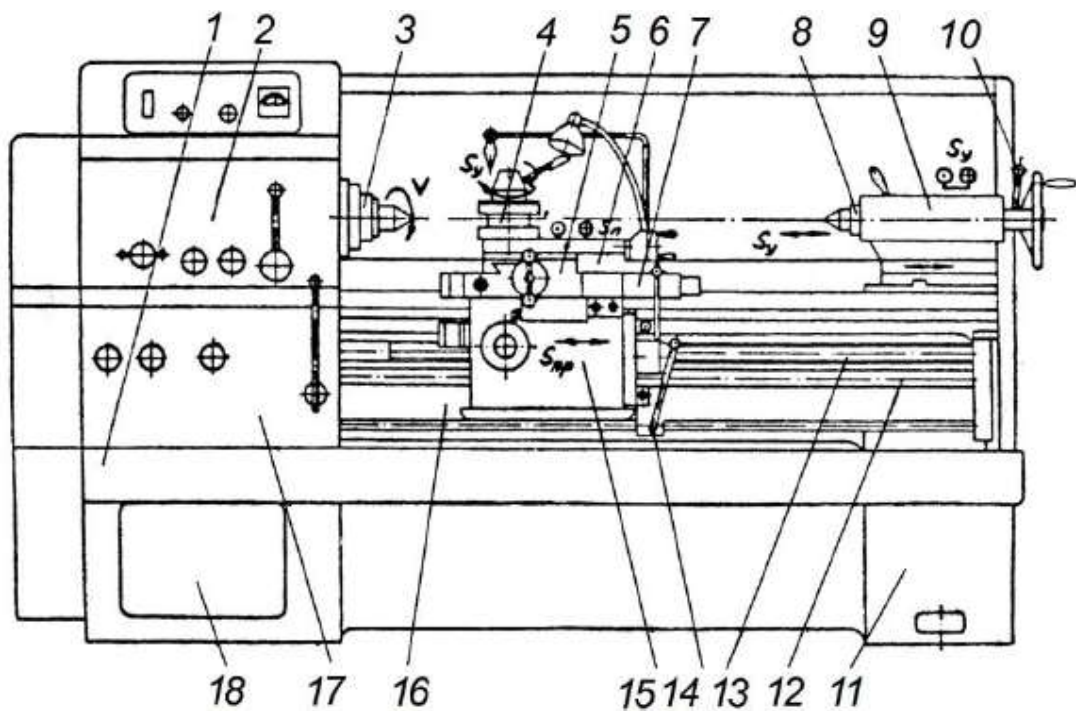


Рисунок 1.1 – Основні вузли токарно-гвинторізного верстата моделі 16K20

4.3 Кінематика верстата

Токарно-гвинторізний верстат 16K20 має основні рухи (рис 1.2):

Головний рух – обертання шпинделя з заготовкою виконується основним електродвигуном через клинопасову передачу та коробку швидкостей.

Поздовжня подача – переміщення поздовжнього супорта по направляючих станини від ходового валу або ходового гвинта забезпечується за рахунок відбору потужності від шпинделя.

Поперечна подача – переміщення поперечного супорта по направляючих на поздовжньому супорті.

Допоміжні рухи – швидкі переміщення супортів від допоміжного електродвигуна через клинопасову передачу.

4.3.1. Ланцюг головного руху

Обертання шпинделю передається електродвигуном ($n_{\text{дв}} = 1460 \text{ хв}^{-1}$) через клинопасову передачу 140/280 та коробку швидкостей. Муфта М1 служить для вмикання, вимикання та зміни напрямку обертання шпинделя. Рух на шпиндель може передаватись по короткому ланцюгу (верхні оберти), минаючи переробну групу, або по довгому ланцюгу через основну і переробну групи – (нижні оберти). По короткому ланцюзі можна налагодити верхні 12 частот обертання шпинделя. Кінематичний баланс при цьому буде мати такий вигляд:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \cdot \frac{140}{280} \cdot \frac{51}{39} \left(\frac{56}{24} \right) \cdot \frac{21}{55} \cdot \left(\frac{29}{47} : \frac{38}{38} \right) \cdot \frac{30}{60} \left(\frac{60}{48} \right), \text{ хв}^{-1}$$

При передачі руху по довгому ланцюгу отримаємо ще 12 частот обертання шпинделя. Кінематичний баланс матиме вигляд:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \cdot \frac{140}{280} \cdot \frac{51}{39} \left(\frac{56}{24} \right) \cdot \frac{21}{55} \cdot \left(\frac{29}{47} : \frac{38}{38} \right) \cdot \frac{15}{60} \left(\frac{45}{45} \right) \frac{18}{72} \frac{30}{60}, \text{ хв}^{-1}$$

Отже, шпиндель верстата одержує 24 значення частот обертання. Практично, шпиндель має 22 частоти обертання, оскільки значення частот $n = 500 \text{ хв}^{-1}$ і $n = 630 \text{ хв}^{-1}$ повторюється двічі.

4.3.2 Ланцюг подач

Ланцюг подач складається з блоку збільшення кроку нарізання різьби Б5 ($Z = 60 - 45$), механізму реверса (зміни напрямку обертання ведучого вала) ХІ гітари змінних коліс (a, b, c, d). коробки подач та механізму передач фартуха. Рух здійснюється від шпинделя безпосередньо через передачу 60/60 або через перебір і ланку збільшення кроку 60 – 45.

Гітара має дві комбінації змінних зубчатих коліс:

а) для нарізання метричної та дюймової різьб:

[illegible]

10

б) для нарізання модульної та пітчової різьб:

$$i_2 = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36}$$

Коробка подач має три кінематичні ланки: для токарної обробки та нарізання метричної і модульної різьб, для нарізання дюймової та пітчової різьб і для нарізання різьб підвищеної точності.

Перший випадок – (токарні роботи та нарізання метричної і модульної різьб).

Рух від гітари передається в такій послідовності:

Гітара – XII – XIII – XIV – XV – XVI – XVII – XVIII

(При цьому муфти *M2*, *M3*, *M4* вимикаються).

З валу XVII передача руху на ходовий вал XXII або на ходовий гвинт XXI забезпечується при допомозі муфти *M5*. При увімкненій муфті *M5* рух передається на гвинт XXI, а при вимкненій – на ходовий вал через муфту обгону *M5* (розміщена на валу XX) і передачу 28/35. Зв'язок ходового вала з коробкою подач через обгонну муфту дає можливість вмикати прискорене обертання ходового вала від допоміжного електродвигуна ($N_{\text{дв}}=0,75$ кВт, $n_{\text{дв}}=1450$ об/хв), не вимикаючи ланцюг робочої подачі.

Другий випадок (нарізання дюймової та пітчової різьб).

Рух від гітари на ходовий гвинт передається в такій послідовності:

Гітара – XII – XIV – XIII – XV – XVI – XVII – XVIII – XXI

(Муфти *M2*, *M3*, *M4* вимкнені, муфта *M5* – ввімкнена). При цьому обертання вала XIV провадиться валом XII через зубцеві передачі 28/28 і 30/34. Рух вала XIV на вал XIII передається блоками *B1* або *B2*, а з валу XIII на вал XV – зубцевою передачею 30/33, далі – в послідовності попереднього випадку.

Третій випадок – (нарізання точної різьби).

При нарізанні різьб з високою точністю або з нестандартним кроком налагоджується коротка кінематична ланка коробки подач. В цьому випадку, рух від гітари передається безпосередньо на ходовий гвинт за рахунок ввімкнених муфт *M2* та *M5* (муфти *M3* і *M4* вимкнені). Коротка ланка коробки подач буде такою:

Гітара – XII – XVII – XVIII – XXI

Налагодження короткого ланцюга коробки подач в разі нарізання різьби значної довжини з підвищеними вимогами по точності або різьб, крок яких не передбачено таблицею верстата (таблиця 1.1). Налагодження подачі поздовжнього супорту проводять при допомозі змінних коліс гітари, використовуючи при цьому коротку кінематичну ланку коробки подач (третій випадок). Ланцюг подачі має вигляд:

$$S_p = 1_{\text{об.шп}} \cdot \frac{60}{60} \cdot \left(\frac{45}{45}\right) \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot 12, \text{ мм/об}$$

При ввімкненій передачі 45/45 вал VIII може одержати 8 або 32 оберти на один оберт шпинделя.

Передатне відношення гітари визначається з рівняння ланцюга передачі:

$$i_z = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{S_p}{8} \left(\text{або } \frac{S_p}{64} \text{ або } \frac{S_p}{336} \right)$$

(в дужках вказані значення при передачі руху з шпинделя на вал VIII через перебір).

Таблиця 1.1 – Налагодження подач та кроку різьб

		Обороти шпинделя	А				В				С				D			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Точіння: подача поздовжня:1, поперечна:1/2		12,5–1600	0,05	0,06	0,075	0,09	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7
		200–630	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
		50–160	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8				
		12,5–40	1,6	2,0	2,4	2,8												
Нарізка різьби	мм, мм·π	12,5–1600	0,5		0,75		1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0
		200–630	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	14,0
		50–160	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	40,0	48,0	56,0
		12,5–40	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	40,0	48,0	56,0	64,0	80,0	96,0	112,0				
	1", 1"·π	12,5–1600	32,0	40,0	48,0	56,0	16,0	20,0	24,0	28,0	8,0	10,0	12,0	14,0	4,0	5,0	6,0	7,0
		200–630	16,0	20,0	24,0	28,0	8,0	10,0	12,0	14,0	4,0	5,0	6,0	7,0	2,0	2,5	3,0	3,5
		50–160	4,0	5,0	6,0	7,0	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75	
		12,5–40	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75										

Методи підбору змінних коліс гітари описані в практичній роботі № 1 «Вибір гітари змінних коліс для коробки подач». Механізм фартуха забезпечує ввімкнення поздовжньої подачі при допомозі муфт M7 або M8 і поперечної подачі муфти M9 або M10. При

вмиканні муфт *M7* або *M8* рух передається на вал рейковим колесом $Z=10$, $m=3$, а при вмиканні муфт *M9* або *M10* – на поперечний ходовий гвинт $P=5$.

Швидкі переміщення супортів забезпечуються допоміжним двигуном (розміщений з правого торця станини) через клинопасову передачу 127/85 ходовий вал XXII та механізм фартуха Швидке переміщення поздовжнього супорту при цьому становить близько 4 метрів за хвилину.

4.4 Налагодження верстата

4.4.1 Налагодження частоти обертання шпинделя

Налагодження потрібних обертів шпинделя забезпечується при допомозі рукояток 1 і 4 (рис. 1.3). Рукоятка 1 взаємодіє з блоками зубчатих коліс *B1* та *B2* основної групи коробки швидкостей (рис. 1.2) і має відповідно до кількості швидкостей групи шість положень. Рукоятка 4 зв'язана з блоками *B3*, *B4* та *B5* переборної групи і має чотири положення, кожне з котрих забезпечує відповідно передатне відношення 1:32, 1:8, 1:2, 1,25:1. Необхідні комбінації положень рукояток 1 та 4 для кожної з 24 швидкостей шпинделя подані в таблиці 1.2 і на панелі передньої бабки верстата.

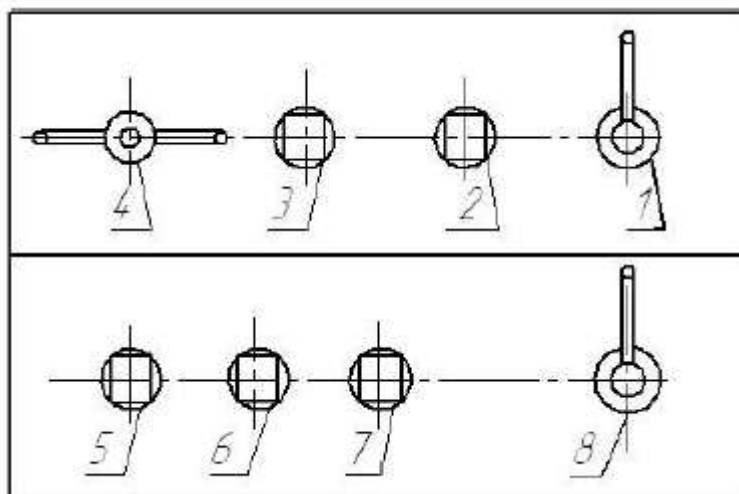


Рисунок 1.3 – Схема положення рукояток обертів шпинделя

4.4.2 Налагодження подачі при токарній обробці

Величину подачі поздовжнього супорту за один оберт шпинделя при токарній обробці проводиться при допомозі рукояток 5, 7 (рис. 1.3).

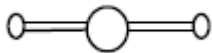
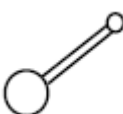
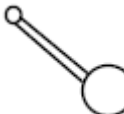
Величину подачі налагоджують в такій послідовності.

1. Для частоти обертання шпинделя (вона повинна бути заздалегідь розрахована або вибрана і встановлена на верстаті) вибирають по таблиці 1.2 групу подач (А, В, С, D), в межах якої знаходиться необхідна подача і рукоятку 6 (рис 1.3) встановлюють в необхідне положення.
2. Рукоятку 8 встановлюють в положення I, II, III або IV в якому є потрібне або найближче до потрібного (в меншу сторону) значення подачі.
3. Рукоятку 3 встановлюють в положення, яке рекомендується в таблиці 1.2 (чистове або чорнове точіння).

4.4.3 Налагодження подачі при нарізанні різьби

1. Рукоятку 6 встановлюють на тип різьби (метрична, модульна, дюймова, пітчова). Тип позначено на рукоятці.
2. Залежно від частоти обертання шпинделя вибирають по таблиці 1.2 групу кроків (А, В, С, D), в межах якої знаходиться необхідне значення кроку. Рукоятку 7 встановлюють в положення цієї групи.
3. Рукоятку 5 встановлюють в положення I, II, III або IV яке відповідає заданому кроку для відповідного типу різі.
4. Рукоятку 3 встановлюють в положення, яке рекомендується в таблиці 1.2.
5. Рукоятку 2 встановлюють в положення правої або лівої різьби.

Таблиця 1.2 – Налагодження обертів шпинделя

Положення рукояток (рис. 1.3)				
Рукоятка 4	Рукоятка 1			
				
	1:32	1:8	1:2	1,25:1
1	12,5	50	200	500
2	16	63	250	630
3	20	80	315	800
4	25	100	400	1000
5	31,5	125	500	1250
6	40	160	630	1600

Примітка.

1. Знаменник ряду частот обертів шпинделя $\phi = 1,26$
2. Частоти обертів шпинделя 500 та 630 повторюються.

4.4.4 Налагодження на обробку конусів

Існує декілька способів обробки конічних поверхонь валів на токарно-гвинторізних верстатах. На верстаті мод. 16K20 таку обробку можна виконати трьома способами:

- зміщенням задньої бабки (деталь закріплюється в центрах);
- поворотом верхнього супорту;
- з використанням копірної лінійки.

Перший спосіб використовують при обточуванні конічної поверхні при незначному куті конуса. Величина зміщення задньої бабки буде становити:

$$h = \frac{L}{2} \cdot k \cdot \cos \alpha$$

k – конусність обточуваної поверхні,

$$k = \frac{D - d}{l}$$

При кутові обробки $\alpha \leq 8^\circ 10'$ $\cos \alpha \geq 0,99$, тобто похибка буде становити менше 1%. В зв'язку з цим на практиці величину зміщення задньої бабки визначають по спрощеному виразу:

$$h = \frac{D - d}{l} L$$

Другий спосіб обробки конусів (з поворотом верхнього супорту) використовують при обробці конусів з незначною їх довжиною (не більше, ніж хід верхніх салазок).

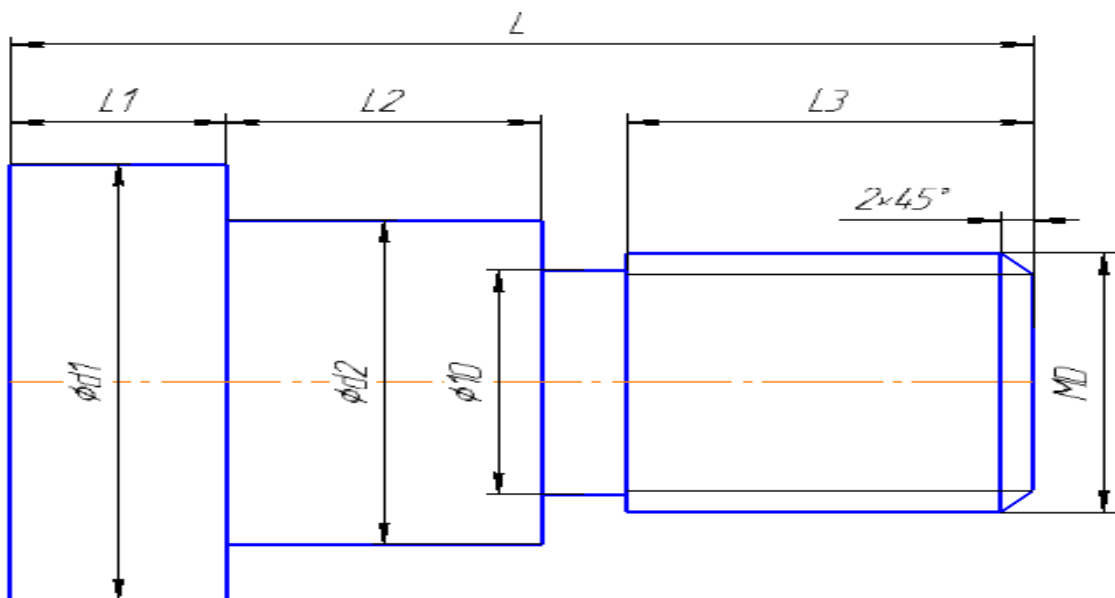
Третій спосіб обточки конусів при допомозі конусної лінійки доцільно використовувати при серійному виробництві. Конусна (копірна) лінійка закріплюється під потрібним кутом до вісі центрів з задньої сторони станини. По пазу лінійки ковзає повзун з пальцем, з'єднаними з полозками поперечного супорта. При русі поздовжнього супорта повзун буде переміщуватись по пазу лінійки через тягу переміщати полозки в поперечному напрямі. (Гвинт поперечної подачі на цей випадок виймається). В результаті одночасного переміщення поздовжнього і поперечного супортів різець буде рухатись по конусотвірній лінії.

5. Індивідуальні завдання

Виконати налагодження токарної операції для виготовлення конкретної деталі за ескізом згідно з завданням:

Номер варіанту	Назва деталі	Розмір (мм)					Діаметр різі (мм)
		d_1	d_2	l_1	l_2	L	
1	Вал	32	22	25	15	58	M20×2
2	Вал	22	16	25	15	58	M14×2
3	Вал	38	28	30	22	70	M24×2,5
4	Вал	34	24	28	15	60	M20×1,5
5	Вал	24	16	30	10	58	M12×1,5

6. Ескіз деталі



7. Контрольні запитання

1. Призначення та склад верстата.
2. Які операції можна виконувати на верстаті?
3. Основні рухи у верстаті та виконуючі їх вузли.
4. Скільки швидкостей має верстат та як вони реалізуються в приводі шпинделя?
5. Налаштування верстата та нарізання метричної або дюймової різьб.
6. Способи обробки конусів та налаштування верстата для їх обробки.
7. Для чого в коробці подач муфта обгону, як вона застосовується?
8. Що таке ланка подвоєння подач та коли вона використовується?

Навчально-методична картка

Лабораторна робота № 2

Дисципліна:	Металорізальні верстати та автоматичні лінії
Тема заняття:	Токарно-револьверний верстат
Мета заняття:	
навчальна –	закріпити теоретичний матеріал; вивчити будову та кінематичні ланцюги токарно-револьверного верстата моделі 1341; навчитися складати рівняння кінематичного балансу згідно кінематичної схеми верстата;
розвиваюча –	сприяти розвитку самостійного мислення; удосконалювати здатність аналізувати і узагальнювати інформацію;
виховна –	виховувати відчуття колективізму.
Вид заняття:	Лабораторне заняття
Тип заняття:	Розвиток і корекція компетентностей
Забезпечення заняття:	Інструкційна картка; кінематична схема верстата 1341; токарно-револьверний верстат моделі 1341; пристрої для закріплення інструментів в револьверній головці; набір слюсарних інструментів
Література:	[1] с. 41–46, [2] с. 126–129, [3] с. 149–151, [5]

СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

1. Організаційна частина (перевірка присутності, відповіді на питання студентів, інструктаж з ТБ)
2. Актуалізація опорних знань (бесіда)
3. Ознайомлення з порядком проведення лабораторної роботи (розповідь)
4. Ознайомлення зі змістом звіту (розповідь)
5. Узагальнення теоретичного матеріалу (бесіда)
6. Виконання лабораторної роботи
7. Підведення підсумків заняття (бесіда)

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ № 2

з теми «Токарно-револьверний верстат»

1. Інструктаж з техніки безпеки

2. Порядок проведення роботи

- 2.1 Ознайомитись з призначенням, складом та системою керування верстатом.
- 2.2 Проаналізувати кінематичну схему верстата та скласти рівняння найбільшого та найменшого значень обертання шпинделя і поздовжнього руху револьверного супорту, а також для колової подачі.
- 2.3 Закріпити пруткову заготовку в шпинделі.
- 2.4 Виставити та закріпити різальний інструмент в револьверній головці.
- 2.1 Налаштувати командоапарат на заданий режим роботи (частоту обертання шпинделя та поздовжню подачу револьверного супорту) та довжину переміщення (різання) в вихідній позиції револьверної головки.
- 2.2 Перевірити результати виконаної роботи.

3. Зміст звіту

- 3.1 Тема, мета, обладнання лабораторної роботи.
- 3.2 Призначення верстата.
- 3.3 Класифікація верстата: технологічне призначення, система управління, маса, точність, розшифровка позначення верстата.
- 3.4 Рухи у верстаті: головний, подачі, допоміжні.
- 3.5 Перелік інструментів, що використовуються на верстаті.
- 3.6 Технічні характеристики верстата.
- 3.7 Загальний вигляд верстата з позначенням основних вузлів.
- 3.8 Кінематична схема верстата.
- 3.9 Розгорнуті формули кінематичних ланцюгів приводів головного руху та подач.
- 3.10 Тип виробництва, у якому переважно використовується верстат.
- 3.11 Індивідуальне завдання.
- 3.12 Висновки по роботі.

Технічна характеристика верстата

Найбільший діаметр прутка, що оброблюється, мм	40 ⁺¹
Найбільший діаметр оброблення у патроні, мм:	
над станиною	400
над кареткою	380
Відстань від торця шпинделя до торця деталі, мм:	24
найбільше	660
найменше	60
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	60 – 2000
Діапазон подовжніх подач, мм/об	0,05 – 2,0
Кількість швидкостей шпинделя	8
Кількість поздовжніх подач	8
Кінематика верстата складається з трьох основних рухів (рис 2.1).	

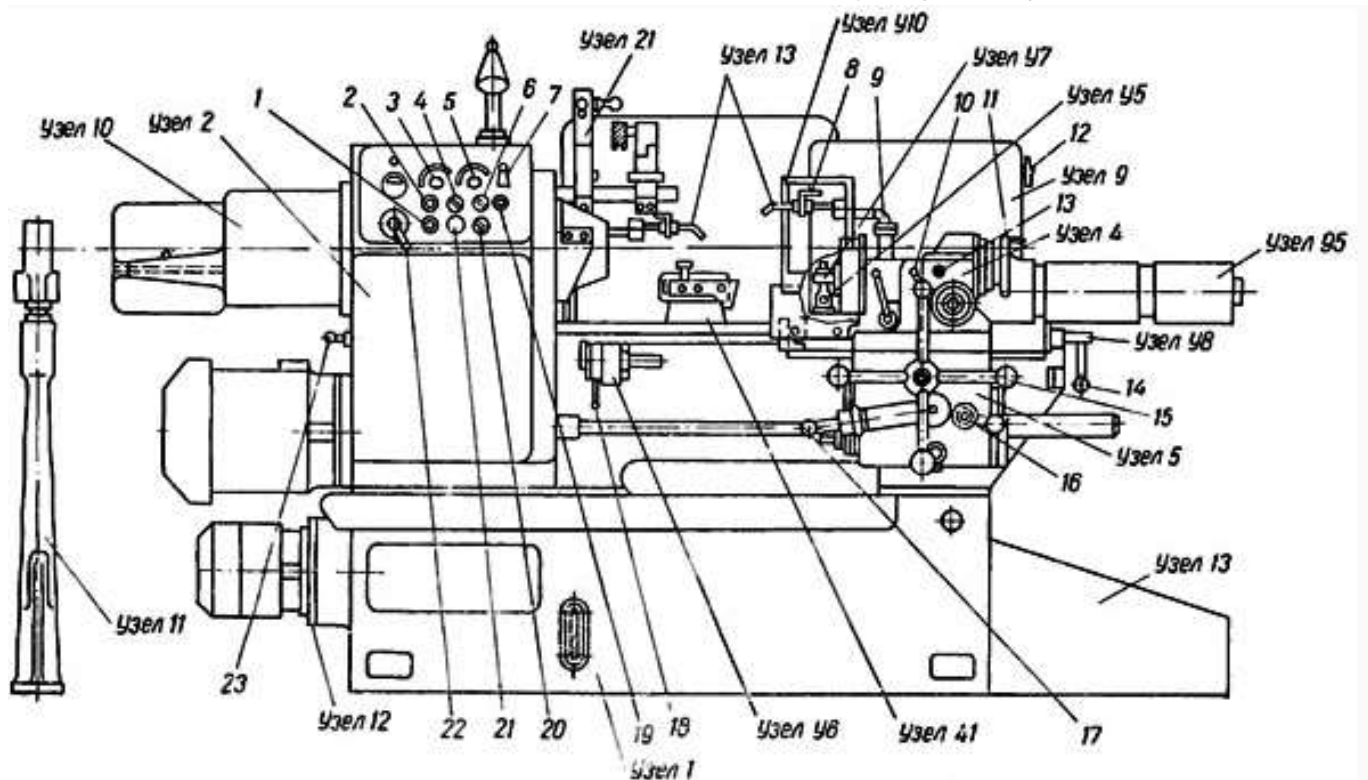


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд верстату 1341

4.2 Будова та керування верстатом

Елементи керування верстатом представлені на рисунку 2.2:

1. Кнопка пуску гідроприводу.
2. Кнопка зупинки гідроприводу.

3. Перемикач оборотів.
4. Вимикач охолодження.
5. Перемикач подач.
6. Перемикач з автоматичного управління на ручне.
7. Важіль пуску та зупинки обертання шпинделя.
8. Кран подачі ЗОР.
9. Важіль відводу фіксатора револьверної голівки.
10. Рукоятка блокування револьверної головки при механічній подачі.
11. Важіль блокування колової подачі.
12. Ввідний вимикач
13. Перемикач включення механічної поперечної подачі револьверної головки.
14. Важіль поздовжнього упору У8.
15. Штурвал ручного переміщення револьверного супорту в поздовжньому напрямку.
16. Важіль подвоєння поздовжніх подач.
17. Важіль вмикання механічної поздовжньої подачі револьверного супорту
18. Рукоятка повороту барабану упорів У6.
19. Кнопка реверсу шпинделя.
20. Перемикач затиску та подачі прутка.
21. Кнопка «Аварійний стоп».
22. Важіль перемикання діапазонів швидкостей.
23. Важіль подвоєння подач.
24. Маховичок повороту револьверної головки.
25. Маховичок ручної колової подачі.
- Вузол 1. Станина.
- Вузол 2. Коробка швидкостей та подач.
- Вузол 4. Револьверний супорт.
- Вузол 5. Фартух револьверного супорта.
- Вузол 9. Електрообладнання.
- Вузол 10. Механізм затиску та подачі матеріалу.
- Вузол 11. Стійки.

Вузол 12. Насосна установка.

Вузол 13. Охолодження.

Вузол 21. Різьбонарізний пристрій.

Вузол 41. Копіювальний пристрій.

Вузол 95. Командоапарат (барабан з переставними кулачками для вмикання електромагнітних муфт коробок швидкостей та подач та барабан з переставними упорами-зупинниками).

Вузол У6, У8. Поздовжні упори.

Вузол У5. Упор

Вузол У7. Упор для обмеження повороту револьверної головки

Вузол У10. Екран.

4.3 Рухи верстата моделі 1341

Головний рух – обертання шпинделя із заготовкою (прутковою або штучною) – забезпечується двигуном ($N=4,5$ кВт, $n_{дв}=1440$ хв⁻¹) через коробку швидкостей.

Частота обертання шпинделя залежить від комбінації ввімкнутих муфт $M1$, $M2$, $M3$, та $M4$ і положення двохступеневого блоку зубцевих коліс $B1$.

Один з варіантів кінематичного ланцюга головного руху (показано на рис.2.1) має вигляд:

$$n_{шп} = 1440 \frac{31}{49} M1 \frac{46}{62} M4 \frac{72}{35} \cdot \frac{23}{67}, \text{ хв}^{-1}$$

Поздовжня подача револьверного супорту виконується від шпинделя через зубчасту передачу з постійним зчепленням $\frac{4}{5}$, двоступеневий блок $B2$ ($\frac{31}{66}$ або $\frac{47}{50}$), дві з чотирьох муфт ($M5$, $M6$, $M7$, $M8$) та зубцеві колеса ($\frac{22}{78}$, $\frac{36}{64}$, $\frac{26}{70}$, $\frac{58}{38}$), вал X , блок подвоєння подач $B3$ ($\frac{35}{40}$ або $\frac{48}{22}$), черв'ячну передачу $\frac{1}{33}$ з муфтою $M9$, зубчасту передачу $\frac{2}{6}$ та рейкову передачу.

Кінематичний ланцюг поздовжньої подачі (один з 8 варіантів) може бути таким (рис. 2.1):

$$S_n = 1_{об.шп.} \cdot \left(\frac{40}{57}\right) \left(\frac{47}{50}\right) \left(\frac{58}{38}\right) \left(\frac{35}{40}\right) \left(\frac{1}{31}\right) \left(\frac{25}{68}\right) \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 16, \text{ мм/об}$$

Колова подача револьверної головки використовується для відрізання, прорізання канавок, підрізання тощо. Повільне механічне обертання револьверна головка виконує при вмиканні муфти *M10* та *M11*. Крутний момент при цьому відбирається з валу *X* і передається через зубчасті передачі на вал револьверної головки.

Рівняння кінематичного балансу складають по кінематичному ланцюгу подач. Один з варіантів (рис.2.1).

$$S_{\text{кл}} = 1_{\text{об.шп.}} \cdot \left(\frac{40}{57}\right) \left(\frac{40}{57}\right) \left(\frac{36}{64}\right) \left(\frac{26}{70}\right) \left(\frac{48}{68}\right) \left(\frac{22}{22}\right) \left(\frac{22}{22}\right) \left(\frac{1}{66}\right) \left(\frac{16}{162}\right) \cdot 2 \cdot R, \text{ мм/об}$$

Швидке обертання револьверної головки для зміни інструменту проводиться маховичком при розблокованій револьверній головці і вимкненій муфті *M11*.

4.4 Наладка верстата

При наладці верстата необхідно:

- а) встановити та закріпити в револьверній головці різці на заданий (необхідний) діаметр обробки, а також упор на задану (необхідну) довжину висування заготовки;
- б) налагодити довжину подачі револьверного супорту при обточуванні (розточуванні, свердлуванні) та місце розташування супорту при проточці канавки або відрізання деталі;
- в) налагодити частоту обертання шпинделя та подачу при автоматичному режимі роботи верстата.

4.4.1 Налагодження довжини висування прутка

1. Пристосування з упором закріплюється в позиції револьверної головки №1.
2. Упор (позиція 1) поворотом револьверної головки встановлюється в робоче положення (в продовження вісі шпинделя).
3. Револьверний супорт пересувається вручну доти, доки відстань між прутком в шпинделі і упором в позиції 1 не буде рівною:

$$l_3 = l_d + t_b, \text{ мм}$$

де l_3 – довжина заготовки, мм;

l_d – довжина деталі, мм;

t_b – товщина відрізного різця, мм.

4. Не змінюючи положення револьверного супорту, барабан зупинячів повертається в зручне положення і гвинт позиції № 1 виставляється «в дотик» до жорсткого (відкидного) упору.

4.4.2 Налагодження діаметру обробки (обточування, прорізання канавки)

1. Пристосування з прохідним або канавочним різцем встановлюється і закріплюється в зручній для роботи позиції (рекомендується в послідовності технологічного процесу).
2. Револьверний супорт в ручному режимі підводиться до заготовки і заміряється відстань від прутка до пристосування.
3. Револьверний супорт відводиться вручну в зручне для роботи місце і різець виставляється і закріплюється на величину:

$$h = b + t_{кр} = b + \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$$

4.4.3 Налагодження довжини обробки(обточки, свердлування тощо).

1. Револьверний супорт пересувається вручну до дотику різця (свердла) з прутком. Позиція упора з гвинтом повинна співпадати з позицією різця.
2. Не змінюючи положення супорту, налагоджується відстань l_d між жорстким (відкидним) упором і гвинтом переставного упору за рахунок перестановки упора та обертання гвинта. При цьому:

$$l_d = l_{обр.}$$

4.4.4 Налагодження місця розташування револьверного супорта при прорізанні канавки або відрізання деталі

1. Револьверний супорт вручну переміщається доти. доки різець (канавочний або відрізний) не займе потрібне положення, тобто на довжину l .
2. В такому положенні револьверного супорту гвинт відповідної позиції барабана упорів-зупинників виставляється в дотик з відкидним упором, тобто $l_3 = 0$.

4.4.5 Налагодження швидкості шпинделя та поздовжньої (колової) подачі

1. Швидкість шпинделя (частота обертання шпинделя) та поздовжня або колова подачі при ручному режимі керування налагоджуються зокрема для кожного переходу (операції) при допомозі перемикачів 3 і 5 при відповідному положенні важеля 22 (рис. 2.2). Подвоєння подач, при необхідності встановлюється при допомозі рукоятки 16 (рис. 2.2).
2. В режимі автоматичного керування налагодження швидкості шпинделя та подач забезпечується при допомозі переставних кулачків на барабані командоапарату 95 (рис. 2.2) та рукоятки подвоєння подач відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Наладка частоти обертання шпинделя та подачі супорта.

ШПИНДЕЛЬ (хв ⁻¹)						СУПОРТ (мм/об)					
Діапазон		Положення кулачка				Діапазон		Положення кулачка			
Нижній	Верхній	1	2	3	4	Верхній	Нижній	1	2	3	4
800	2000			х		0,8	0,4			х	
475	1180		х			0,4	0,2		х		
100	265					0,2	0,1				х
60	150	х			х	0,1	0,05	х			

5. Контрольні запитання

1. Призначення токарно-револьверного верстата моделі 1341.
2. З яких основних рухів складається кінематика верстата моделі 1341?
3. Як забезпечується відрізання деталі на токарно-револьверному верстаті 1341?
4. Як проводиться наладка режиму роботи верстата при автоматичному керуванні?
5. Як забезпечується зупинка руху револьверного супорта?
6. Як проводиться наладка довжини висування пруткової заготовки?
7. Як проводиться налагодження інструменту на заданий діаметр обробки?
8. Як проводиться наладка на задану (потрібну) довжину обробки (обточування, свердлування, розточування)?

Навчально-методична картка

Лабораторна робота № 3

Дисципліна:	Металорізальні верстати та автоматичні лінії
Тема заняття:	Автомати поздовжнього точіння
Мета заняття:	
навчальна –	закріпити теоретичний матеріал; вивчити будову та кінематичні ланцюги автомата моделі 1П16А; навчитися складати план робочих переходів і допоміжних рухів; навчитися складати карту наладки автомата;
розвиваюча –	сприяти розвитку самостійного мислення; удосконалювати здатність аналізувати і узагальнювати інформацію;
виховна –	виховувати відчуття колективізму.
Вид заняття:	Лабораторне заняття
Тип заняття:	Розвиток і корекція компетентностей
Забезпечення заняття:	Інструкційна картка; кінематична схема верстата 1П16А; автомат поздовжнього точіння моделі 1П16А; набір змінних шківів; набір змінних зубчатих коліс; комплект змінних кулачків; набір слюсарного інструменту
Література:	[1] с. 41–46, [2] с. 130–134, [3] с. 159–169, [6]

СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

1. Організаційна частина (перевірка присутності, відповіді на питання студентів, інструктаж з ТБ)
2. Актуалізація опорних знань (бесіда)
3. Ознайомлення з порядком проведення лабораторної роботи (розповідь)
4. Ознайомлення зі змістом звіту (розповідь)
5. Узагальнення теоретичного матеріалу (бесіда)
6. Виконання лабораторної роботи (самостійне виконання за індивідуальним варіантом)
7. Підведення підсумків заняття (бесіда)

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ № 3

з теми «Автомати поздовжнього точіння»

1. Інструктаж з техніки безпеки

2. Порядок проведення роботи

- 2.1 Ознайомитись зі складом, кінематикою та принципом роботи автомата.
- 2.2 Проаналізувати принцип керування супортами та шпіндельною бабкою.
- 2.3 Проаналізувати принцип та послідовність наладки швидкостей обертання шпинделя та розподільного валів.
- 2.4 Заповнити картку наладки верстату 1П16А.
- 2.5 Закріпити пруткову заготовку.
- 2.6 Закріпити та встановити ріжучий інструмент.
- 2.7 Розробити карту наладки автомата.
- 2.8 Встановити необхідні шків пасових передач.

3. Зміст звіту

- 3.1 Тема, мета, обладнання лабораторної роботи.
- 3.2 Призначення верстата.
- 3.3 Класифікація верстата: технологічне призначення, система управління, маса, точність, розшифровка позначення верстата.
- 3.4 Рухи у верстаті: головний, подачі, допоміжні.
- 3.5 Перелік інструментів, що використовуються на верстаті.
- 3.6 Технічні характеристики верстата.
- 3.7 Загальний вигляд верстата з позначенням основних вузлів.
- 3.8 Кінематична схема верстата.
- 3.9 Розгорнуті формули кінематичних ланцюгів приводів головного руху та подач.
- 3.10 Тип виробництва, у якому переважно використовується верстат.
- 3.11 Індивідуальне завдання.
- 3.12 Висновки по роботі.

4. Методичні вказівки

4.1 Призначення та кінематика

Автомати поздовжнього точіння – одношпindelьні з трьома – п'ятьма поперечними супортами призначені для виготовлення деталей з пруткових заготовок. Токарна обробка поверхонь або свердлування отворів виконується за рахунок поздовжнього руху шпindelьної бабки разом з шпindelем, який обертається з затиснутим в ньому прутком, та одночасного пересування поперечних супортів з різцями. Різці закріплюються в різцетримачах супортів, що пересуваються в площині, перпендикулярній вісі шпindelя, при різних співвідношеннях поздовжнього руху шпindelьної бабки з прутком (пруток при цьому постійно обертається) та поперечного руху супортів з різцями. Можна виготовити деталь досить складної форми.

Варіанти комбінацій рухів:

- а) поздовжнє пересування бабки при нерухомому супорту дає обточку циліндричної поверхні;
- б) нерухома шпindelьна бабка і пересування (поперечна подача) супорта - відрізання або прорізання канавки;
- в) поздовжнє пересування бабки і одночасне пересування (поперечна подача) супорту - обточка конуса;
- г) поздовжнє пересування бабки і одночасна реверсна подача балансирного супорту дозволяють одержати сферичну поверхню.

Шпindelьна бабка і супорти (1 поперечний і 2 балансирні) одержують рух через систему важелів від плоских кулачків, які закріплюються на розподільному валі. Конструкція важільної системи дозволяє перетворити обертальний рух кулачків в поступальний рух верхніх або в коливальний рух балансирних супортів.

Робочі контури кулачків розраховують, а потім виготовляють комплект кулачків для кожної конкретної деталі. Перевага автоматів поздовжнього точіння полягає в тому, що різання виконується безпосередньо поблизу від направляючої втулки (люнети), що дає змогу виготовляти відносно довгі деталі, незважаючи на невеликий діаметр обробки (до 16 мм).

Автомати поздовжнього точіння мають три верхні супорти (рис.3.1), змонтовані на стійці та два нижні супорти, змонтовані на коливальному коромислі 10, яке називається

баланси́ром. Супортна стійка встановлена на станині автомата перед шпindelною бабкою (ШБ) 6. Передача рухів на верхні супорти забезпечує важільна система від окремих плоских кулачків на розподільному валу, а на супорти, що змонтовані на балансірі (нижні) – безпосередньо кулачком 12. При цьому подача супорту 1 забезпечується поворотом балансіру навколо вісі 11 під дією кулачка 12, а зворотній рух виконує пружина і, навпаки, подачу балансірного супорту 10 забезпечує пружина, а зворотній – рух кулачок 12. Різці закріплюються в різцетримачах кожного супорта. Всі супорти мають три види регулювання: по діаметру обробки, по центру заготовки та впродовж вісі. Висока точність регулювань досягається при допомозі мікрометричних гвинтів.

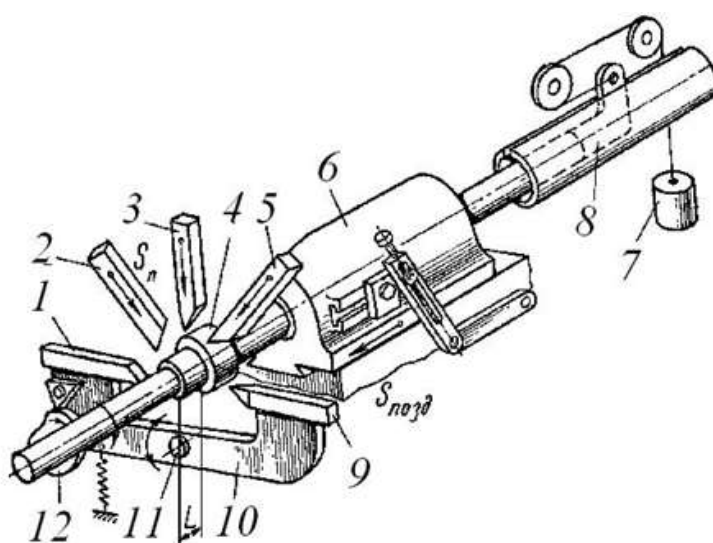


Рисунок 3.1 – Схема роботи автомата фасонно-поздовжнього точіння

Кінематична схема автомата 1П16А, (рис. 3.2) складається з ланцюга приводу головного руху (обертання шпинделя) та ланцюгів приводу розподільного вала в робочому і прискореному режимах обертання.

Обертання шпинделя V з прутковою заготовкою забезпечується електродвигуном (потужністю 3 кВт і частотою обертання 960 об/хв.) через клинопасову передачу зі змінними шківками А і Б та плоскостасову передачу 180/90. Наладка частоти обертання шпинделя досягається змінними шківками А/Б. Комплект змінних шківків ($D_{шк} = 68, 95, 118, 132, 150, 157, 200, 225 \text{ і } 254 \text{ мм}$) дає змогу одержати 22 східці швидкості шпинделя (частот обертання).

Обертання розподільного вала IV в робочому режимі (при виконанні токарної або свердлильної операції) проводиться електродвигуном через клинопасову передачу А/Б,

клинопасову передачу 99/115, черв'ячну передачу 4/25, коробку передач зі змінними зубчастими колесами В, Г, Д, Е, плосkopасову передачу 102/138 і черв'ячну передачу 1/45. Комплект змінних зубчастих коліс з 13 штук ($z = 20, 22, 24, 30, 36, 40, 50, 54, 60, 64, 66, 68, 70$) дає можливість одержати 35 східців обертання розподільного валу. Комплект зубцевих коліс додається до автомата.

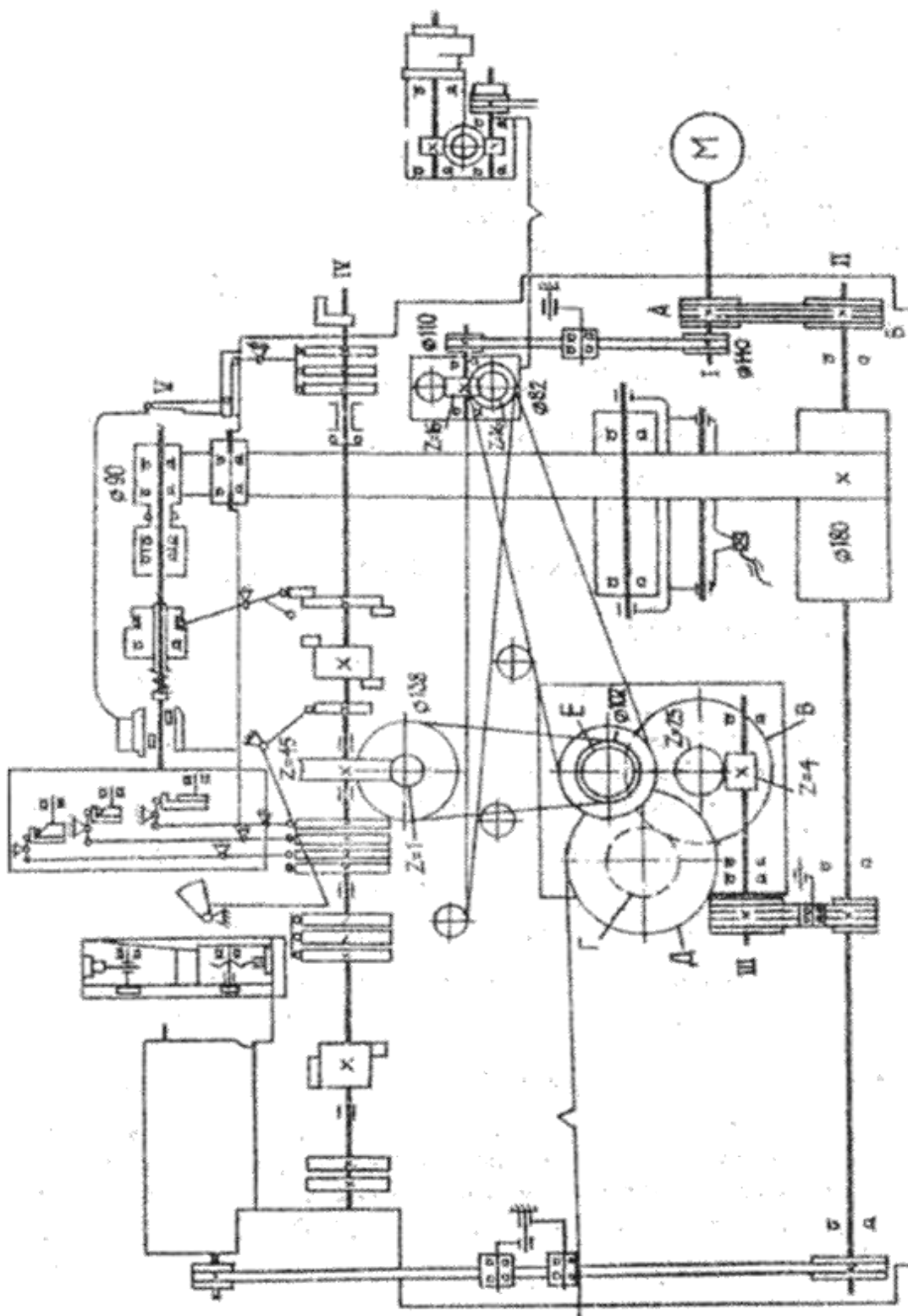


Рисунок 3.2 – Кінематична схема автомата 1П16А

В режимі прискореного руху розподільний вал обертається через пасову передачу 140/110, редуктор 16/16 та пасову передачу 82/164. Далі ланцюг прискореного руху продовжується елементами ланцюга робочого режиму: пасову передачу 102/138 та черв'ячну передачу 1/45. Перемикання режимів руху розподільного валу виконується автоматично. Для розширення технологічних можливостей автомат обладнаний трьохшпіндельним свердлувально-різьбонарізним пристроєм. При допомозі цього пристрою можна свердлувати отвори діаметром до 7 мм та нарізати різьбу мітчиками і плашками М3 ÷ М8.

4.2 Технічна характеристика автомата моделі 1П16А

Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	16
Найбільша довжина обробки, мм	50
Найбільша довжина нарізання різьби, мм	40
Число частот обертання шпинделя	22
Кількість супортів	5
Найбільша довжина ходу супортів, мм:	
перший, п'ятий	18
другий, четвертий	30
третій	40
Кількість частот обертання розподільного валу	37
Межа обертання розподільного валу, хв ⁻¹	0,056...20
Частота прискореного обертання розподільного валу, хв ⁻¹	10
Кут повороту розподільного валу при затиску цанги, град	15
Кут повороту розподільного валу при розтисканні цанги, град	10
Кут повороту розподільного валу при поверненні шпіндельної бабки в вихідне положення, град	18
Межа часу на виготовлення деталі, с	3...1070
Потужність двигуна, кВт	3
Частота обертання валу двигуна, хв ⁻¹	960

4.3 Розрахункові формули

1. Частота обертання шпинделя, хв^{-1} :

$$n_{\text{шп}} = 1000 \cdot \frac{V}{\pi d},$$

де V – швидкість різання, м/хв (табл. 3. 1)

2. Довжина робочого ходу, мм :

$$l_{\text{р.х}} = l + l_1,$$

де l – довжина обробки, мм ;

l_1 – довжина на врізання, $l_1 = 0,5 \div 1,0 \text{ мм}$.

3. Кількість обертів шпинделя на один перехід:

$$n_i = l_{\text{р.х}} / S_i,$$

де S_i – подача при i -му переході, мм/об (табл. 3. 1)

4. Загальна кількість обертів шпинделя на робочі переходи, обертів

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k n_i$$

5. Сумарний кут повороту розподільного валу на допоміжні рухи (підведення шпиндельної бабки, затискання або розтискання цанги, паузи, відведення бабки в вихідне положення), град .

$$\beta = \sum_{i=1}^k \beta_i$$

де β_i – кути повороту розподільного валу при допоміжних рухах (табл. 3.2)

6. Сумарний кут повороту розподільного валу при робочих переходах, град

$$\alpha = 360 - \beta$$

7. Кількість обертів шпинделя за цикл обробки деталі, обертів

$$n_{\text{ц}} = 360 \cdot n_{\Sigma} / \alpha$$

8. Кут повороту розподільного валу за i -й робочий перехід

$$\alpha_i = 360 \cdot n_i / n_{\text{ц}}$$

Перевірка: $\alpha_i = \alpha$; $\alpha + \beta = 360^\circ$

Час циклу обробки деталі, с

$$T_{\text{ц}} = 60 \cdot n_{\text{ц}} / n_{\text{шп}}$$

Необхідна частота обертання розподільного валу, за хвилину

$$n_{\text{р.в}} = 60 / T_{\text{ц}}$$

Продуктивність виготовлення деталей, штук/год

$$Q_{\text{авт}} = 3600 / T_{\text{ц}}$$

Висота кулачка, мм

$$h_k = (R_k - R_n)i = l_{\text{р.х}} \cdot i$$

4.4 Проектування кулачків

Для проектування кулачків необхідні дані початковий і кінцевий радіуси та кути на допоміжні рухи (табл. 3.2). При цьому треба зважати на те, що передатне відношення важільної системи може регулюватись від $i=1$ до $i=1:3$. Для деталей середнього розміру можна приймати $i=1$. В такому разі висота кулачка за перехід буде дорівнювати довжині обробки при цьому переході, тобто:

$$h_k = R_k - R_n = l_{\text{р.х}}$$

Найбільший радіус кулачків знаходять за паспортними даними. Для автомата мод.1П16А найбільший радіус кулачка ШБ $R_{\text{нб}} = 80$ мм. Зважаючи на найбільшу довжину обробки деталі (за паспортними даними $l_{\text{нб}} = 50$ мм), найменший радіус кулачка ШБ (при $i = 1$) буде:

$$R_{\text{нм}} = R_{\text{нб}} - l_{\text{нб}} = 80 - 50 = 30 \text{ мм.}$$

Робочий профіль кулачка будується по дузі спіралі Архімеда. Відстань між вісями обкатного ролика та РВ $R_{\text{м.ц}} = 128$ мм, а радіус обкатки $R_{\text{обк}} = 120$ мм (паспортні дані). В зв'язку з тим, що РВ обертається праворуч (при погляді спереду), то кути переходів відкладаються від «0» градусів вліво.

Порядок креслення кулачка ШБ.

В масштабі 1:1 або 1:2 креслять посадочний діаметр 20 мм, та допоміжні кола з найменшим та найбільшим радіусами ($R_{\text{нб}} = 80$ мм; $R_{\text{нм}} = 30$ мм), а також радіусами міжцентрових відстаней $R_{\text{м.ц}} = 128$ мм. Коло з найбільшим радіусом $R_{\text{нб}} = 80$ мм розбивають на частини по 3-5 градусів і наносять засічки початкових і кінцевих значень кутів робочих переходів та допоміжних рухів відповідно до таблиці розрахунків.

Кожний кут робочого переходу і висоту підйому кулачка ділять на декілька рівних частин і будують по спіралі Архімеда робочий профіль.

Продемонструємо це на прикладі, (рис. 3.3.).

Приклад. Спроекувати кулачок ШБ при таких умовах:

1 Швидкість обертання шпинделя – $n_{\text{шп}} = 800 \text{ хв}^{-1}$;

2. Ескіз деталі та наладка різців – таблиця 3.4.

Рішення.

1. Користуючись вищезазначеними формулами зробимо необхідні розрахунки і заповнимо таблицю 3.3, підготувавши перед тим порядок технологічного циклу на обробку.

2. В масштабі 1:2 креслимо концентричні кола з $R_o = 20 \text{ мм}$, $R_{\text{нб}} = 80 \text{ мм}$, $R_{\text{м.ц}} = 128 \text{ мм}$ (рис.3.3).

3. Визначаємо «0» градусів (початок побудови) і розділимо коло з на частини з інтервалом 5...15 градусів

4. З «0» градусів та з початку і кінця кожного робочого переходу ШБ робимо засічки з центрів, які розташовані на колі з $R_{\text{м.ц}} = 128 \text{ мм}$. Засічки (дуги) робимо радіусом $R_{\text{обк}} = 120 \text{ мм}$.

5. В межах початку і кінця кожного робочого переходу ШБ наносимо відповідними засічками $R_{\text{П}(i)}$ і $R_{\text{К}(i)}$ радіуси початку і кінця кулачка і будуємо профіль підйому по спіралі Архімеда.

6. Ділянки між кінцевим радіусом робочого профілю кулачка $R_{\text{К}(i)}$ початковим радіусом наступного профілю $R_{\text{П}(i+1)}$ з'єднуються постійним радіусом $R = R_{\text{К}(i)} = \text{const}$

5. Порядок проведення роботи

1. Ознайомитись з принципом роботи автомата, звернувши увагу на взаємодію розподільного валу з шпиндельною бабкою та супортами. Користуючись кінематичною схемою автомата (рис.3.2) уточнити місцезнаходження вузлів наладки частот обертання шпинделя та розподільного валу.

2. Скласти план робочих переходів і допоміжних рухів (табл.3.4) та визначити сумарний кут повороту розподільного валу.

3. Розрахувати необхідні параметри та заповнити повністю таблицю 3.4.

4. Підібрати змінні шків A і B для наладки необхідної частоти обертання шпинделя, склавши кінематичний баланс головного руху та визначивши потрібне передаточне відношення. Підібрати змінні зубчаті колеса B , Γ , D , E для наладки необхідної частоти обертання розподільного валу, склавши кінематичний баланс приводу розподільного валу і визначивши передатне відношення:

$$i_2 = \left(\frac{B}{\Gamma}\right) \cdot \left(\frac{D}{E}\right)$$

5. Скласти карту наладки автомата (табл. 3.3)

6. Розрахувати та зробити креслення кулачка подачі шпиндельної бабки (ШБ) за даними карти наладки. (Виконується студентом вдома).

7. Зробити висновки.

6. Довідкові данні

Таблиця 3.1 – Рекомендовані режими обробки

Вид обробки	Рекомендовані значення	
	Швидкість(V), м/хв	Подача (S), мм/об
Обточування	25 – 35	0,005 – 0,02
Свердлування	3 – 5	0,003 – 0,005
Нарізння різі	1 – 2	–

Таблиця 3.2 – Рекомендовані кути повороту розподільного валу при допоміжних рухах

№ п/п	Найменування допоміжного руху	Кут β_i (град.)
1	Підвести супорт з різцем в зону різання	18
2	Відвести супорт в вихідне положення	10
3	Відвести ШБ в вихідне положення	18
4	Затискання цанги	15
5	Розтискання цанги	10
6	Пауза	2

Таблиця 3.3 – Карта наладки автомата моделі 1П16А

		Найменування деталі	
(Ескіз деталі)		Діаметр пруткової заготовки	
Матеріал заготовки			
№ з/п	Параметри	Одиниця виміру	Значення
1	Частота обертання шпинделя	хв ⁻¹	
2	Частота обертання розподільного валу	хв ⁻¹	
3	Діаметри змінних шківів (А/Б)	мм	
4	Числа зубів змінних з/коліс (В, Г, Д, Е)		
5	Кількість обертів шпинделя за цикл обробки деталі	об	
6	Час циклу	с	
7	Продуктивність	шт/год	
8	Які супорти налагоджують (номери супортів)	—	
9	Найменування різців: 1-й супорт 2-й супорт 3-й супорт 4-й супорт 5-й супорт	—	

Таблиця 3.4 – Розрахунки до наладки автомата

(Ескіз деталі)			(План розміщення різців)		Діаметр заготовки мм Оберти шпинделя хв ⁻¹ Передаточне відношення.... Найбільший радіус кулачка мм Найменший радіус кулачка мм Радіус між центрами $R_{м.ц} = 128$ Радіус обкату $R_{обк} = 120$ Матеріал заготовки Сталь 45				
					Розрахункові параметри кулачка				
№ п/п	№ переходу	Робочі механізми	Режим обробки						
			$l_{р.х.}(мм)$	$S_{,}(мм/об)$	$n_i(обертів)$	$\alpha_i(град)$	$\beta_i(град)$	Початок кута	Кінець кута
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	01	ШБ	-	-	-	-	10	0	10
2	02	С1	-	-	-	-	(10)	-	-
3	03	ШБ	16	0,015	1067	78,25	-	10	88,25
4	04	-	-	-	-	2	88,25	90,25	
5	05	С1	-	-	-	-	4	90,25	94,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	06	ШБ	11	0,015	733	53,75	-	94,25	148
7	07	-	-	-	-	-	2	148	150
8	08	С1	-	-	-	-	(10)	-	-
9	09	С4	-	-	-	-	18	150	168
10	10	С4	4	0,01	400	29,3	-	168	197,3
11	11	-	-	-	-	-	2	197,3	199,3
12	12	С4	-	-	-	-	(10)	-	-
13	13	С3	-	-	-	-	18	199,3	217,3
14	14	ШБ	12	0,015	800	58,7	-	217,3	276
15	15	-	-	-	-	-	2	276	278
16	16	С3	-	-	-	-	(10)	-	-
17	17	С2	-	-	-	-	18	278	296
18	18	С2	6	0,01	600	44	-	296	340
19	19	-	-	-	-	-	2	340	342
20	20	С3	-	-	-	-	(10)	-	-
21	21	ШБ	-	-	-	-	18	42	360
Σ			49	-	3600	264	96	-	-

*В дужках вказані градуси при суміщенні рухів

$\alpha_{\Pi}(\beta_{\Pi})$ – початок робочого переходу або допоміжного руху на кулачкові (в градусах);

$\alpha_{\text{К}}(\beta_{\text{К}})$ – – кінець робочого переходу або допоміжного руху на кулачкові (в градусах);

Зміст переходів до таблиці 3.4

01 – Підвести заготовку (пруток)

02 – Підвести супорт 1.

03 – Обточити $\varnothing 8$ на довжину $l = 15$ мм

04 – Пауза.

05 – Відвести супорт у проміжне положення.

06 – Обточити $\varnothing 10$ на довжину $l = 10$ мм

07 – Пауза.

08 – Відвести супорт у вихідне положення

09 – Підвести супорт 4.

10 – Прорізати канавку шириною $t = 3$ до $\varnothing 5$ мм

11 – Пауза.

12 – Відвести супорт 4

13 – Підвести супорт 3.

14 – Обточити $\varnothing 11$ на довжину 12 мм.

15 – Пауза.

16 – Відвести супорт 3.

17 – Підвести супорт 2.

18 – Відрізати деталь в розмір $L = 26$ мм.

19 – Пауза.

20 – Відвести супорт 2.

21 – Відвести ШБ в вихідне положення.

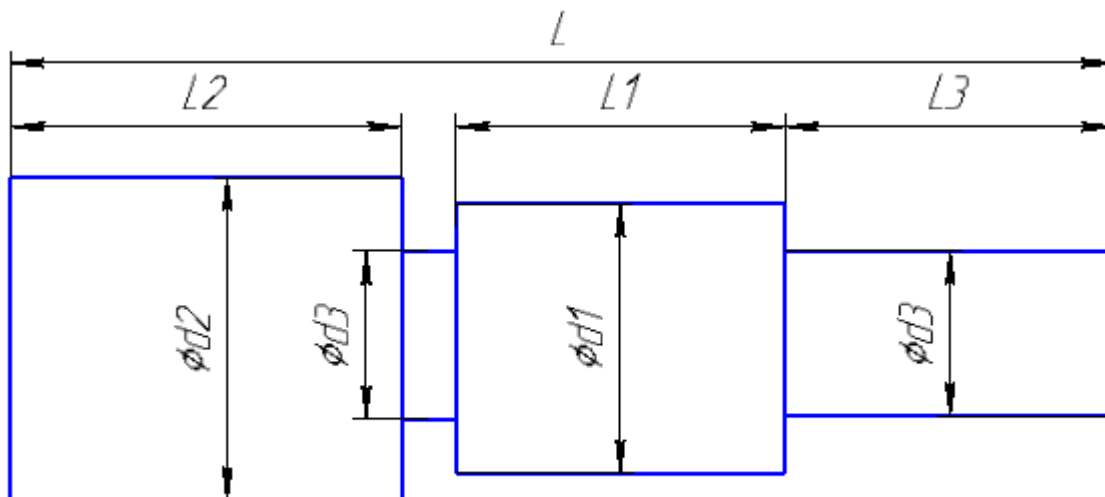


Рисунок 3.3 – Ескіз деталі

7. Індивідуальні завдання

№ варіанту	Розміри, мм						
	L	l_1	l_2	l_3	d_1	d_2	d_3
1	30	8	10	10	8	10	6
2	32	9	9	12	9	11	7
3	28	9	9	8	8	10	6
4	36	9	10	15	10	12	8
5	31	8	10	10	8	12	6
6	34	8	14	10	9	11	7
7	32	9	11	10	8	10	6
8	34	10	10	12	9	11	7
9	30	10	10	8	8	10	6
10	38	10	11	15	10	12	8
11	33	9	11	10	8	12	6
12	36	9	15	10	9	11	7

8. Контрольні запитання

1. Призначення автоматів поздовжнього точіння.
2. Які операції можна виконувати на автоматах поздовжнього точіння?
3. Які основні рухи налагоджуються в автоматах поздовжнього точіння?
4. Як визначається цикл обробки деталі?
5. Як визначається продуктивність автомата?
6. Які супорти працюють безпосередньо від розподільного валу?
7. Які передатні відношення важільної системи приводу супортів?

Навчально-методична картка

Лабораторна робота № 4

Дисципліна:	Металорізальні верстати та автоматичні лінії
Тема заняття:	Фрезерні верстати
Мета заняття:	
навчальна –	закріпити теоретичний матеріал; вивчити будову та кінематичні ланцюги вертикального консольно-фрезерного верстату моделі 6P12; навчитися складати рівняння кінематичного балансу згідно кінематичної схеми верстата; вивчити принцип дії УДГ та використання її на фрезерних верстатах;
розвиваюча –	сприяти розвитку самостійного мислення; удосконалювати здатність аналізувати і узагальнювати інформацію;
виховна –	виховувати відчуття колективізму.
Вид заняття:	Лабораторне заняття
Тип заняття:	Розвиток і корекція компетентностей
Забезпечення заняття:	Інструкційна картка; кінематична схема верстата 6P12; вертикальний консольно-фрезерний верстат моделі 6P12; універсальна ділильна головка моделі УДГ-132; фрези кінцеві та торцеві; набір слюсарного інструменту
Література:	[1] с. 41–46, [2] с. 176–187, [3] с. 220–226, [7]

СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

1. Організаційна частина (перевірка присутності, відповіді на питання студентів, інструктаж з ТБ)
2. Актуалізація опорних знань (бесіда)
3. Ознайомлення з порядком проведення лабораторної роботи (розповідь)
4. Ознайомлення зі змістом звіту (розповідь)
5. Узагальнення теоретичного матеріалу (бесіда)
6. Виконання лабораторної роботи (самостійне виконання за індивідуальним варіантом)
7. Підведення підсумків заняття (бесіда)

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ № 4

з теми «Фрезерні верстати»

1. Інструктаж з техніки безпеки

2. Порядок проведення роботи

- 2.1 Ознайомитись з різноманітними фрезерними верстатами та їх призначенням.
- 2.2 Ознайомитись з конструкцією, кінематикою, принципом роботи та керуванням вертикальним консольно-фрезерним верстатом моделі 6Р12.
- 2.3 Ознайомитись з конструкцією, кінематикою та принципом наладки універсальної ділильної головки моделі УДГ–132.
- 2.4 Провести наладку верстата та ділильної головки на фрезерування згідно з індивідуальним завданням.
- 2.5 Зробити висновки

3. Зміст звіту

- 3.1 Тема, мета, обладнання лабораторної роботи.
- 3.2 Призначення верстата.
- 3.3 Класифікація верстата: технологічне призначення, система управління, маса, точність, розшифровка позначення верстата.
- 3.4 Рухи у верстаті: головний, подачі, допоміжні.
- 3.5 Перелік інструментів, що використовуються на верстаті.
- 3.6 Технічні характеристики верстата.
- 3.7 Загальний вигляд верстата з позначенням основних вузлів.
- 3.8 Кінематична схема верстата.
- 3.9 Розгорнуті формули кінематичних ланцюгів приводів головного руху та подачі.
- 3.10 Тип виробництва, у якому переважно використовується верстат.
- 3.11 Індивідуальне завдання.
- 3.12 Висновки по роботі.

4. Методичні вказівки

4.1 Призначення та технічна характеристика

Фрезерні верстати призначені для обробки деталей фрезами (від французького слова fraise). Фрезеруванням оброблюють різні за формою і розмірами деталі з плоскими або складними поверхнями. Це зумовлює велику конструктивну різноманітність фрезерних верстатів.

Вертикальний консольно-фрезерний верстат 6Р12 призначений для фрезерних робіт торцевими або кінцевими фрезами в умовах одиничного та серійного виробництва.

Технічна характеристика верстата

Робоча поверхня столу, мм	1250×320
Переміщення столу, найбільше	
поздовжнє, мм	800
поперечне, мм	320
вертикальне, мм	420
на одну поділку лімбу	
поздовжнє, мм	0,05
поперечне, мм	0,05
вертикальне, мм	0,05
на один оборот лімбу	
поздовжнє, мм	6
поперечне, мм	6
вертикальне, мм	2
Переміщення гільзи шпинделя (вертикальне)	70
Діаметр фрез при чорновій обробці, мм, найбільший	160
Відстань, мм	
від торця шпинделя до робочої поверхні столу	30 – 450
від осі шпинделя до напрямних станини	380
Швидкість швидкого переміщення столу, мм/хв	
поздовжнього, поперечного	4000
вертикального	1330

Кількість частот обертання шпинделя	18
Найменша частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	31,5
Найбільша частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	1600
Кількість подач столу	22
Найменша поздовжня, поперечна подача, мм/хв	12,5
Найбільша поздовжня, поперечна подача, мм/хв	1600
Діапазон вертикальних подач столу, мм/хв	4,1 – 530
Кут повороту шпиндельної голівки, град.	45
метричної, мм	0,5 – 112
дюймової, ниток/дюйм	56 – 0,25
Потужність двигуна приводу головного руху, кВт	7,5
Потужність двигуна приводу подач, кВт	3,0
Габаритні розміри, мм	
довжина	2280
ширина	1965
висота	2265
Маса верстата, кг	3250

4.2 Будова та керування верстатом

Елементи керування верстатом представлені на рисунку 4.1:

1. Кнопка «Стоп» (дублююча)
2. Кнопка «Пуск шпинделя» (дублююча)
3. Стрілка-вказівник швидкостей шпинделя
4. Вказівник швидкостей шпинделя
5. Кнопка «Швидко стіл» (дублююча)
6. Кнопка «Імпульс шпинделя»
7. Перемикач освітлення
8. Поворот голівки
9. Затиск гільзи шпинделя
10. Зірочка механізму автоматичного циклу
11. Важіль вмикання поздовжніх переміщень стола

12. Затиск стола
13. Маховик ручних поздовжніх переміщень стола
14. Кнопка «Швидко стіл»
15. Кнопка «Пуск шпинделя»
16. Кнопка «Стоп»
17. Перемикач ручного або автоматичного керування поздовжнім переміщенням стола
18. Маховик ручних повздовжніх переміщень стола
19. Лімба механізму поперечних переміщень стола
20. Кільце-ноніус
21. Важіль ручного вертикального переміщення стола
22. Кнопка фіксації грибка перемикач подач
23. Грибок перемикач подач
24. Вказівник подач стола
25. Стрілка-вказівник подач стола
26. Важіль вмикання поперечної та вертикальної подач стола
27. Затиск салазок на напрямних столу
28. Важіль вмикання поздовжніх переміщень стола (дублююча)
29. Важіль вмикання поперечної та вертикальної подач стола (дублююча)
30. Маховик ручних поздовжніх переміщень стола (дублюючий)
31. Перемикач напрямку обертання шпинделя
32. Перемикач насоса охолодження «ввімкнено-вимкнено»
33. Перемикач вводу «ввімкнено-вимкнено»
34. Важіль перемикач швидкостей шпинделя
35. Автоматичне та ручне керування роботою круглого столу
36. Затиск консолі на станині
37. Маховик висування гільзи шпинделя
38. Затиск шпindelної головки на станині

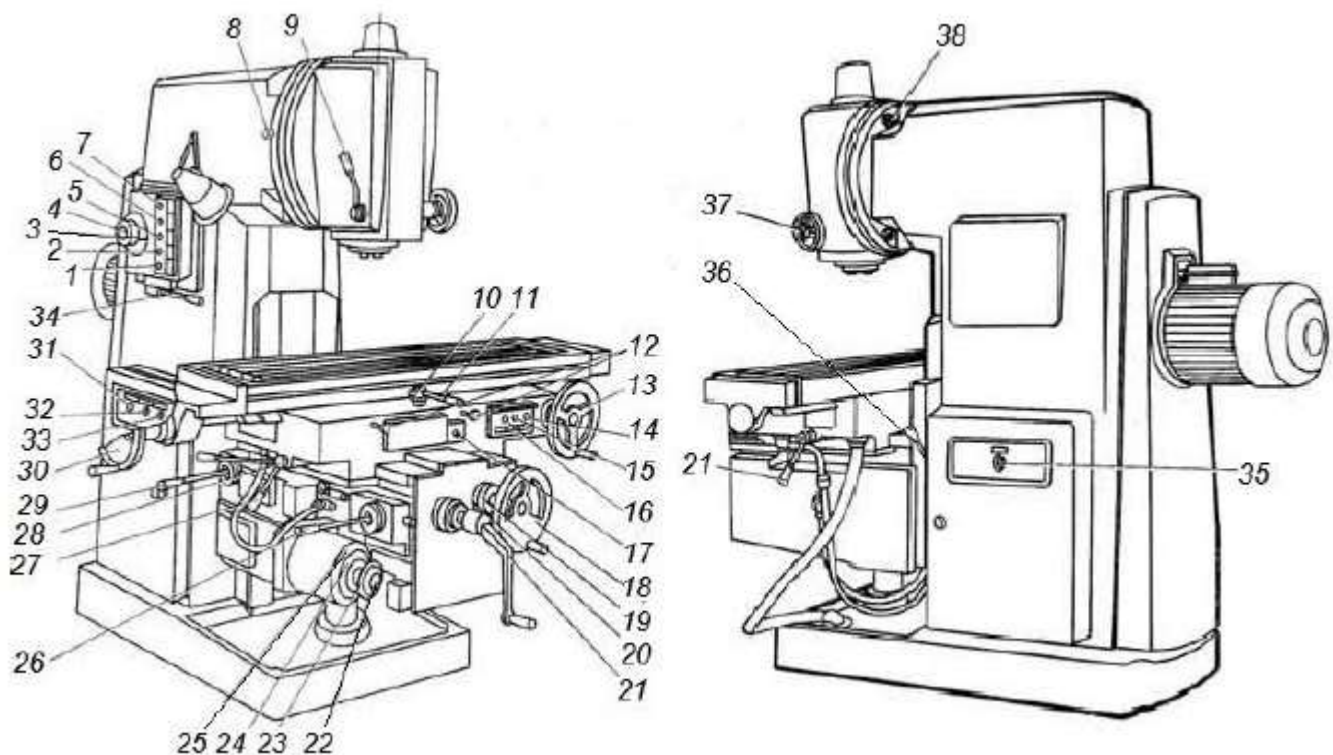


Рисунок 4.1 – Основні вузли та елементи керування вертикального консольно-фрезерного універсального верстата моделі 6P12

4.3 Основні рухи та кінематика верстата

Верстат моделі 6P12 має такі основні рухи:

Головний рух – обертання шпинделя з інструментом (фрезою) виконується основним електродвигуном через пружну з'єднувальну муфту та коробку швидкостей.

Поздовжня та поперечна подача – переміщення столу по направляючим станини від гвинтів поздовжнього або поперечного переміщень.

Вертикальна подача – переміщення консолі разом зі столом по направляючим станини від гвинта вертикального переміщення.

Кінематична схема вертикального консольно-фрезерного верстата моделі 6P12 представлена на рисунку 4.2.

Головний рух здійснюється від електродвигуна ($N = 7,0$ кВт, $n = 1440$ хв⁻¹), який через коробку швидкостей надає шпинделю 18 різних частот обертання:

$$n_{\text{шт}} = 1440 \cdot \frac{27}{53} \cdot \left| \begin{array}{c|c|c} \frac{16}{38} & \frac{17}{46} & \frac{19}{69} \\ \frac{22}{32} & \frac{27}{37} & \frac{69}{82} \\ \frac{19}{35} & \frac{38}{26} & \frac{38}{38} \end{array} \right| \cdot \frac{69}{69} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{43}{43}, \text{ хв}^{-1}$$

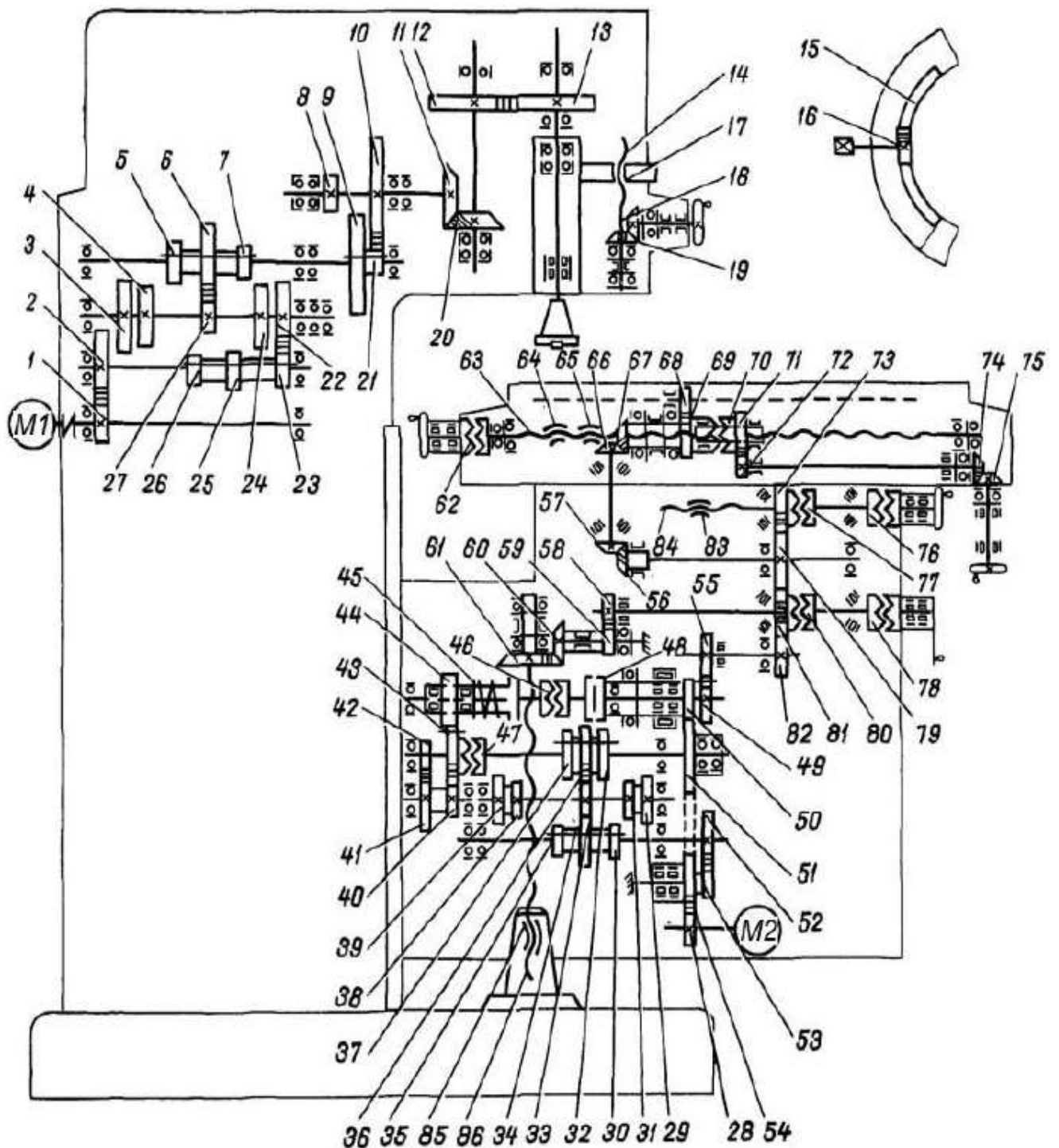


Рисунок 4.2 – Кінематична схема верстата моделі 6P12

Напря́м оберта́ння шпинделя змінюється реверсува́нням електродвигуна.

Рух подачі відбувається від окремого електродвигуна ($N = 1,7 \text{ кВт}$, $n = 1420 \text{ хв}^{-1}$). Коробка подач верстата дає змогу механічно переміщати стіл у поздовжньому, поперечному й вертикальному напрямках. Спеціальні блокувальні пристрої виключають одночасне вмикання кількох рухів.

Рівняння кінематичного балансу поздовжньої подачі, мм/хв:

$$S_{\text{пр}} = 1420 \cdot \frac{26}{50} \cdot \frac{26}{57} \cdot \frac{\frac{36}{18} \frac{18}{40}}{\frac{18}{30} \frac{24}{34} \frac{13}{45} \frac{18}{40}} \cdot \frac{40}{27} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{33}{27} \cdot \frac{18}{16} \cdot \frac{18}{18} \cdot 6, \text{ мм/хв}$$

Кількість подач $Z_c = 3 \cdot 3 \cdot 2 = 18$.

Поперечні й вертикальні переміщення стола виконуються аналогічно двома іншими ходовими гвинтами.

Швидке переміщення стола в усіх трьох напрямках здійснюється від того самого електродвигуна поза коробки подач безпосередньо через зубчасті пари 26/50, 50/67, 67/33, фрикційну муфту 67 і далі по кінематичних ланках робочих подач. Кулачкова муфта 64 в цьому разі вимкнена.

Верстат автоматизований. Робочі й установчі рухи стола автоматизуються за допомогою механізму автоматичного циклу, розміщеного в полозках, і кулачків, набір яких додається до верстата. Розставляючи в потрібних місцях паза стола кулачки, можна дістати різні цикли руху: напіваавтоматичний вправо і вліво, автоматичний маятниковий тощо.

Елементи до кінематичної схеми вертикального консольно-фрезерного універсального верстата моделі 6Р12 внесені до таблиці 4.1.

4.4 Універсальна ділильна головка УДГ-132

Ділильні головки широко застосовуються на консольно-фрезерних верстатах для поділу заготовок типу валів, дисків та втулок на частини, періодичного повороту на потрібний кут або неперервного обертання вала при фрезеруванні гвинтових канавок. Ділильна головка мод. УДГ-132, (рис. 4.3) складається з шпинделя 1, фіксатора 5, при допомозі якого фіксується лімб 6, стопора 7 та рукоятки 2. Стопор 7 дає можливість зафіксувати рукоятку в необхідному положенні. Ділильний лімб 6 з концентричними колами отворів закріплений на порожнистому валу 9, всередині якого розміщений вал 10 рукоятки 2. Для зручності користування ділильним лімбом 6 застосовують розсувний сектор, що складається з двох ніжок, які встановлюють так, щоб між ними була необхідна кількість отворів по вибраному колу.

Таблиця 4.1 – Перелік елементів до кінематичної схеми

Вузол	№ поз.	Число зубців	Модуль (крок)	Вузол	№ поз.	Число зубців	Модуль (крок)
Коробка швидкостей та поворотна фрезерна голівка	1	27	3	Консоль та салазки	44	40	2,5
	2	53	3		45	-	-
	3	35	4		46	-	-
	4	27	4		47	-	-
	5	37	4		48	-	-
	6	46	4		49	28	2,5
	7	26	4		50	33	2
	8	38	3		51	67	2
	9	82	3		52	57	2
	10	69	4		53	26	2
	11	30	5,067		54	50	2
	12	54	4		55	35	2,5
	13	54	4		56	18	4
	14	1	4		57	16	4
	15	-	-		58	22	3
	16	25	2		59	33	3
	17	1	4		60	23	2,91
	18	31	1,5		61	46	2,91
	19	31	1,5		62	-	-
	20	30	5,067		63	1	6
	21	19	4		64	1	6
	22	38	3		65	1	6
	23	16	4		66	18	3
	24	32	4		67	18	3
	25	22	4		68	15	3
	26	19	4		69	30	3
	27	17	4		70	-	-
Коробка подач	28	26	2		71	50	2
	29	27	2,5		72	25	2
	30	27	2,5		73	33	3
	31	21	2,5		74	18	2
	32	37	2,5		75	24	2
	33	36	2,5		76	-	-
	34	18	2,5		77	-	-
	35	18	2,5		78	-	-
	36	40	2,5		79	37	3
	37	34	2,5		80	-	-
	38	24	2,5		81	33	3
	39	36	2,5		82	18	3
	40	18	2,5		83	1	6
	41	45	2,5		84	1	6
	42	13	2,5		85	1	6
	43	40	2,5		86	1	6

[illegible]

При простому способі ділення лімб 6 фіксують. Шпиндель з заготовкою повертають рукояткою через увімкнену черв'ячну передачу.

$$n = N/Z = 40/Z,$$

Z – кількість частин, на яку треба поділити заготовку.

$$40/Z = A + a/b = A + ma/mb,$$

a і b – чисельник і знаменник правильного простого дробу;

48

Диференціальне ділення застосовують у тих випадках, коли на колах лімба немає числа отворів, яке задовольняє умови простого ділення.

При диференціальному способі ділення заготовку повертають на потрібний кут повороту рукоятки відносно обертового ділильного лімба 8, який дістає обертання від шпинделя 1 через змінні зубчасті колеса гітари (a/b) (c/d) При цьому одержимо рівність:

$$n_H = 40/Z = n_1 + n_2,$$

де n_1 – частота обертання рукоятки відносно ділильного лімба;

n_2 – частота обертання лімба, $n_2 = i \cdot 1/Z$.

Кількість обертів рукоятки:

$$n = N/Z_H,$$

де Z_H – наближене число поділів, що дає змогу використовувати спосіб простого ділення.

Підставляючи значення n , n_1 і n_2 у формулу, отримуємо:

$$40/Z = 40/Z_H + i \cdot 1/Z$$

$$\text{або} \quad i = 40 \cdot (Z_H - Z)/Z_H$$

Якщо $Z_H > Z$, передатне відношення i буде додатним; якщо $Z_H < Z$ – від'ємним. При додатному відношенні – напрями обертання рукоятки і ділильного лімба збігаються, при від'ємному – вони обертаються в протилежних напрямках.

Гвинтові канавки фрезерують при неперервному обертанні шпинделя ділильної головки, яке він дістає від гвинта поздовжньої подачі стола універсально-фрезерного верстата через змінні колеса a_1 , b_1 , c_1 , d_1 (рис. 4.4). Заготовку закріплюють у центрах ділильної головки та задньої бабки. В процесі обробки заготовка дістає два рухи – обертальний і поступальний вздовж осі. Обидва рухи узгоджені так, що при переміщенні на крок нарізувальної гвинтової канавки заготовка робить один оберт.

Рівняння кінематичного балансу має вигляд: (рис 4.3)

$$P_H = 1_{об.заг} \frac{40}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{d_1}{c_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} P_{xg}, \text{ мм}$$

Маємо:

$$i_2 = (a_1/b_1) \cdot (c_1/d_1) = 40 \cdot P_{xg}/P_H$$

де P_{xg} – крок ходового гвинта поздовжньої подачі стола, мм;

P_H – крок нарізувальної гвинтової канавки, мм.

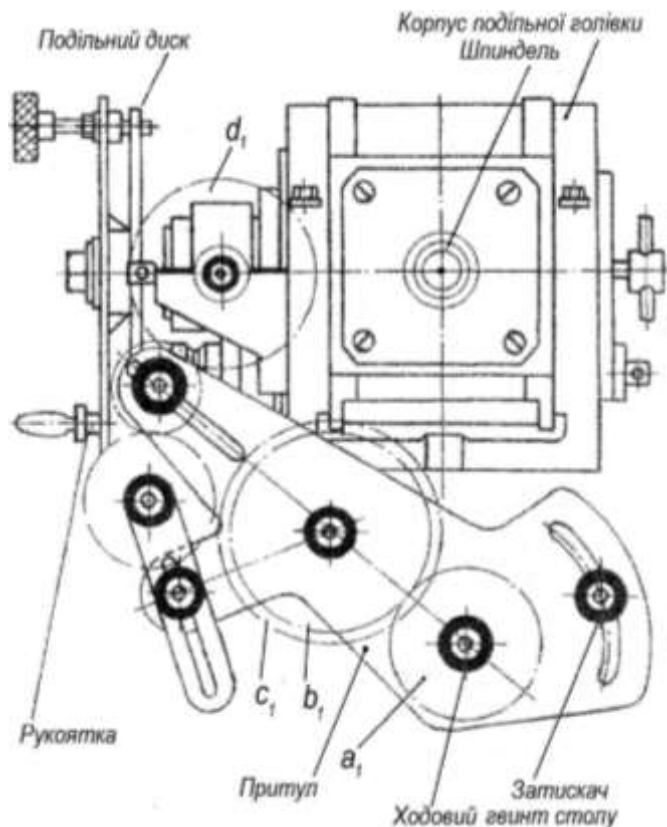


Рисунок 4.4 – Змінні колеса універсально-фрезерного верстата

5. Індивідуальні завдання

№ вар.	Наладка головного руху				Розподіл на частини		Нарізати гвинтову канавку		
	V , м/хв	$d_{фр}$	n_p	$n_{шт}$	Z_1	Z_2	P_H	$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$	$P_{ГВ}$
1	48,5	50			27	83	80		6
2	57,8	60			54	71	72		6
3	85,5	60			8	53	66		6
4	92,0	80			22	75	112		6
5	69,5	72			47	61	90		12
6	98,0	70			33	59	70		12
7	55,0	60			61	31	85		12
8	60,0	50			29	73	100		12

6. Контрольні запитання

1. Ознаки фрезерних верстатів консольного типу.
2. Призначення фрезерних верстатів та їх різноманітність.
3. Складові частини вертикального консольно-фрезерного верстата.
4. Основні кінематичні ланцюги верстата мод. 6М12.
5. Налаштування поздовжньої подачі на вертикальних консольно-фрезерних верстатах.
6. Ділильна головка мод. УТД-132 та її призначення.
7. Способи поділу на УДГ-132 та її особливості.

Навчально-методична картка

Лабораторна робота № 5

Дисципліна:	Металорізальні верстати та автоматичні лінії
Тема заняття:	Зубофрезерний верстат
Мета заняття:	
навчальна –	закріпити теоретичний матеріал; вивчити будову, призначення та принцип роботи зубофрезерного верстату (напівавтомату) моделі 5K32; навчитися складати рівняння кінематичного балансу згідно кінематичної схеми верстата;
розвиваюча –	сприяти розвитку самостійного мислення; удосконалювати здатність аналізувати і узагальнювати інформацію;
виховна –	виховувати відчуття колективізму.
Вид заняття:	Лабораторне заняття
Тип заняття:	Розвиток і корекція компетентностей
Забезпечення заняття:	Інструкційна картка; кінематична схема верстата 5K32; зубофрезерний верстат моделі 5K32; черв'ячні фрези; комплект змінних зубцевих коліс; набір слюсарного інструменту
Література:	[1] с. 41–46, [2] с. 212–224, [3] с. 292–297, [8]

СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

1. Організаційна частина (перевірка присутності, відповіді на питання студентів, інструктаж з ТБ)
2. Актуалізація опорних знань (бесіда)
3. Ознайомлення з порядком проведення лабораторної роботи (розповідь)
4. Ознайомлення зі змістом звіту (розповідь)
5. Узагальнення теоретичного матеріалу (бесіда)
6. Виконання лабораторної роботи (самостійне виконання за індивідуальним варіантом)
7. Підведення підсумків заняття (бесіда)

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ № 5

з теми «Зубофрезерний верстат»

1. Інструктаж з техніки безпеки

2. Порядок проведення роботи

- 2.1 Ознайомитись зі складом і призначенням верстата та органами керування, кінематичною схемою верстата та скласти рівняння кінематичного балансу для ланцюгів основних рухів відповідно до завдання.
- 2.2 Закріпити інструмент (черв'ячну фрезу) і виставити супорт на потрібний кут.
- 2.3 Встановити та закріпити заготовку.
- 2.4 Виставити стіл на необхідну глибину різання.
- 2.5 Встановити та вивірити довжину пересування фрезерного супорту, вибрати змінні зубцеві колеса (згідно з розрахунками) і встановити їх в гітарах відповідних ланцюгів.
- 2.6 Заповнити картку наладки верстату 5K32.

3. Зміст звіту

- 3.1 Тема, мета, обладнання лабораторної роботи.
- 3.2 Призначення верстата.
- 3.3 Класифікація верстата: технологічне призначення, система управління, маса, точність, розшифровка позначення верстата.
- 3.4 Рухи у верстаті: головний, подачі, допоміжні.
- 3.5 Перелік інструментів, що використовуються на верстаті.
- 3.6 Технічні характеристики верстата.
- 3.7 Загальний вигляд верстата з позначенням основних вузлів.
- 3.8 Кінематична схема верстата.
- 3.9 Розгорнуті формули кінематичних ланцюгів приводів головного руху та подачі.
- 3.10 Тип виробництва, у якому переважно використовується верстат.
- 3.11 Індивідуальне завдання.
- 3.12 Висновки по роботі.

4. Методичні вказівки

4.1 Призначення та технічна характеристика

Зубофрезерний верстат моделі 5K32 призначений для нарізання прямозубих та косозубих зубчатих, а також черв'ячних коліс.

Нарізання зубчатих коліс виконується способом обкатки черв'ячного фрези та заготовки з супутнім або зустрічним фрезеруванням при вертикальній або радіальній подачі. Черв'ячні колеса нарізуються з радіальною або тангенціальною (вісьовою) подачами.

Технічна характеристика верстата

Параметри зубчастих коліс, що нарізуються:

найбільший модуль, мм	10
найбільший діаметр, мм	800
найбільша довжина, мм	300
швидкість обертання шпинделя фрези, хв ⁻¹	50-310

Значення подач, мм/об:

вертикальної	0,58; 0,8; 1; 1,7; 2; 2,5; 4; 5;
радіальної	0,2; 0,27; 0,33; 0,56; 0,67; 0,83; 1,38; 1,7;
тангенціальної	0,17 – 0,37

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт

7,0

Маса, кг

7200

4.2 Основні вузли та органи керування верстатом

Основні вузли та органи керування верстатом 5K32 показані на рисунку 5.1:

1. Перемикач методу фрезерування («попутного» або «зустрічного»)
2. Вимикач освітлення
3. Вимикач охолодження
4. Перемикач циклів
5. Індикатор – вертикальна подача включена
6. Перемикач обертання фрези
7. Індикатор – радіальна подача вимкнена
8. Індикатор – верстат «Ввімкнений»

9. Кнопка «Пуск» гідронасоса
10. Кнопка «Стоп» гідронасоса
11. Кнопка «Пуск» головного приводу
12. Кнопка «Стоп» головного приводу
13. Кнопка «Пуск» циклу
14. Кнопка «Стоп» циклу
15. Кнопка прискореного підведення стола
16. Кнопка прискореного відводу стола
17. Кнопка включення прискореного ходу супорта «Вгору»
18. Кнопка включення прискореного ходу супорта «Вниз»
19. Індикатор – пересування фрези включена
20. Кнопка «Пуск» пересування фрези
21. Кнопка «Стоп» пересування фрези
22. Рукоятка включення і виключення вертикальної подачі
23. Манометр
24. Гвинт затиску столу
25. Аварійний упор
26. Упор виключення прискореного відводу стола
27. Квадрат для натягування пасової передачі головного приводу
28. Гвинт затиску диференціала при обробці прямозубих і черв'ячних коліс
29. Аварійний упор
30. Упор виключення прискореного підведення стола
31. Квадрат для ручного переміщення упора
32. Рукоятка фіксування положення упору столу
33. Квадрат для ручного переміщення столу
34. Кран управління
35. Лінійний вимикач
36. Рукоятка кріплення кронштейна контрпідтримки
37. Упор автоматичного управління роботою верстата по циклу
- 37А. Гвинт затиску каретки супорта
38. Упор автоматичного управління роботою ставка по циклу

39. Лінійка з ноніусом для повороту супорта на кут
40. Квадрат для ручного повороту супорта на кут
41. Квадрат для ручного переміщення супорта
42. Квадрат для ручного повороту шнека транспортера стружки
43. Квадрат підйому і опускання шнека
44. Гвинт затиску столу
45. Змінні шестерні для нарізування простих чисел зубів
46. Аварійний упор
47. Квадрат шомпола кріплення оправки фрези
48. Аварійний упор
49. Кран охолодження
50. Аварійний упор

Розташування складових частин верстата 5К32:

Гр.11 – Станина	Гр.61 – Стіл
Гр.16 – Транспортёр	Гр.71 – Контрпідтримка
Гр.22 – Коробка приводу	Гр.75 – Гідропривід
Гр.32 – супортна стійка	Гр.76 – Кран управління
Гр.36. – Каретка супорта	Гр.81 – Охолодження
Гр.42 – Коробка розподілу	Гр.84 – Електрошафа
Гр.44 – Коробка подач	Гр.85 – Електропривід
Гр.52 – Супорт	

4.3 Кінематика та основні рухи зубофрезерного верстата

Кінематика верстата представлена на рисунку 5.2.

Верстат має такі основні рухи формотворення:

- а) головний рух – обертання шпинделя фрезерної головки з фрезою;
- б) рух обкатки (ділильний рух) – обертання стола з заготовкою, погоджене зі швидкістю обертання шпинделя з фрезою;
- в) вертикальна подача – переміщення фрезерного супорту фрезерною головкою вгору або вниз;
- г) радіальна подача переміщення заднього стояка з столом в напрямку переднього стояка;

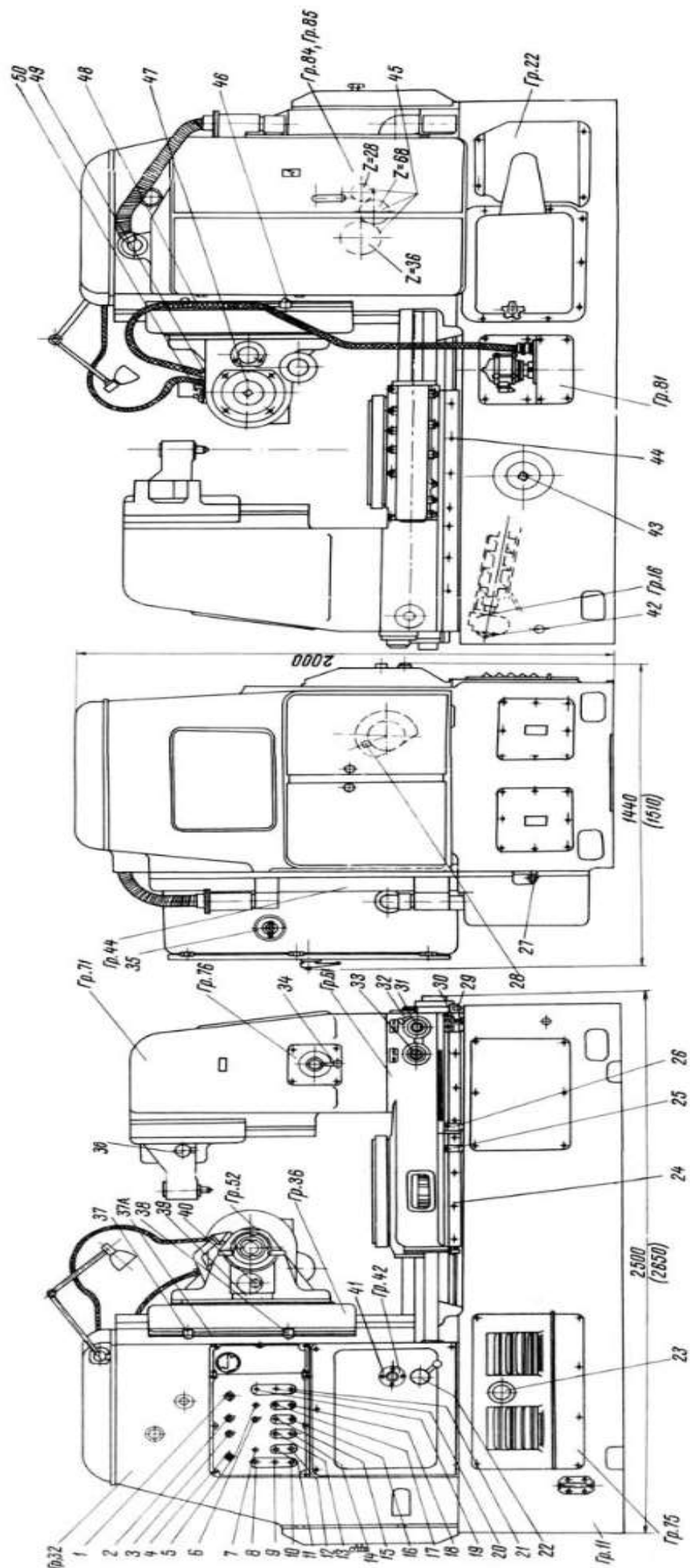


Рисунок 5.1 – Основні вузли та органи управління верстата моделі 5K32

4.4 Налагодження кінематичних ланцюгів

Ланцюг головного руху дає можливість при постійній частоті обертання вала двигуна одержати необхідну частоту обертання шпинделя з фрезою.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані значення швидкостей різання для черв'ячних фрез з швидкоріжучої сталі

Матеріал заготовки	Швидкість різання, м/хв	
	чорновий прохід	чистовий прохід
чавун	16 – 20	20 – 25
Сталь конструкційна	20 – 28	25 – 26

57

$$n_{\text{фр(розр)}} = 1000 \cdot \frac{V}{\pi d_{\text{фр}}}, \text{ хв}^{-1}$$

Виходячи з кінематичного ланцюга (рис. 5.2), рівняння кінематичного балансу головного руху має вигляд:

$$n_{\text{фр}} = 1440 \cdot \frac{116}{234} \cdot \frac{a'}{b'} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{17}{68}, \text{ хв}^{-1}$$

де a' і b' – числа зубців змінних зубчастих коліс.

$$a' + b' = 87$$

З рівняння кінематичного балансу виводиться формула налагодження:

$$\frac{a'}{b'} \approx \frac{n_{\text{фр}}}{181}$$

Верстат моделі 5К32 має 9 швидкостей обертання шпинделя з фрезою:

$$n_{\text{пш}} = 50 \left(\frac{20}{67} \right); 63 \left(\frac{23}{64} \right); 80 \left(\frac{27}{60} \right); 100 \left(\frac{31}{56} \right); 125 \left(\frac{36}{57} \right); 160 \left(\frac{41}{46} \right); \\ 200 \left(\frac{46}{41} \right); 250 \left(\frac{51}{36} \right); 315 \left(\frac{56}{31} \right), \text{ хв}^{-1}$$

Примітки:

1. В дужках вказані числа зубців ведучого та веденого коліс, щоб одержати частоту обертів, вказану перед дужками.
2. Налаштовують частоту обертання шпинделя фрези до ближнього від розрахункового в сторону зменшення.

4.4.2 Налашдування ланцюга поділу (обкатки)

Для нарізання коліс із заданим числом зубців Z за час одного оберту черв'ячної фрези з числом заходів k заготовка повинна зробити k/L оберти, що забезпечується підбором змінних коліс гітари поділу з передатним відношенням $i_{\text{под}}$. Рівняння ділильного ланцюга має вигляд:

$$1/Z = 1_{\text{об.фр.}} \cdot \frac{68}{17} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96}$$

Виводимо формулу налагодження:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24k}{Z} \cdot \frac{e}{f}$$

де k – кількість заходів черв'ячної фрези;

Z – кількість зубців, що надрізаються;

e, f – змінні зубчасті колеса для розширення діапазону регулювання (при $Z < 161$, $e/f = 54/54$, при $Z > 161$, $e/f = 36/72$).

Зубчасті колеса гітари підбираються з набору з такою кількістю зубців: 24, 25 (2 шт), 30, 33, 34, 35, 37, 40 (2 шт), 41, 43, 70 (2 шт), 71, 72, 75, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, (2 шт), 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 98, 100.

Вибрані зубчасті колеса повинні задовольняти умовам:

$$a + b > c + 15 \quad \text{і} \quad c + d > b + 15$$

4.4.3 Налагодження ланцюга вертикальної подачі

Вертикальну подачу в зубофрезерному верстаті виконує фрезерний супорт.

Величина подачі це переміщення фрезерного супорта за 1 оберт стола.

Рівняння кінематичного балансу ланцюга вертикальної подачі:

$$S_B = 1_{\text{об.ст}} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{A}{B} \cdot \left(\frac{39}{65} \text{ або } \frac{40}{56} \right) \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{1}{24} P_{\text{ГВ}}$$

де $P_{\text{ГВ}}$ – крок гвинта вертикальної подачі $P_{\text{ГВ}} = 10 \text{ мм}$

Формула налагодження: $A/B = S_B/2$

Рекомендовані вертикальні подачі приведені в таблиці 5.2, а змінні зубчасті колеса для налагодження подачі в таблиці 5.3.

Таблиця 5.2 – Рекомендовані значення вертикальних подач для черв'ячних фрез із швидкоріжучої сталі

Матеріал заготовки	Характер обробки	Модуль, мм	Число зубців колеса, що нарізується			
			до 20	до 40	до 70	до 120
			Подача на оберт заготовки мм/об			
Сталь конструкційна	Чистове нарізання зубців	1,5 – 2,0	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,6 – 0,9	0,8 – 0,9
		2,5 і більше	0,6 – 0,9	0,8 – 1,0	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2
	Чорнове нарізання зубців	2,5 – 3,0	3,0 – 4,0	3,0 – 4,0	3,0 – 4,0	3,0 – 4,0
		3,5				
		4	2,7 – 3,5	2,9 – 3,5	3,0 – 3,5	3,0 – 3,5
		4,5				

Таблиця 5. 3 – Наладка вертикальної подачі

Подача (S_B), мм/об	Змінні колеса гітари ланцюга подачі(А/Б)
0,6	28/68
1,0	32/64
1,7	43/53
2,0	48/48
2,5	53/43
4,0	64/32

4.4.4 Налагодження ланцюга диференціалу

При нарізанні косозубих коліс в процесі зубоформування приймає участь ланцюг диференціалу. Вмикається цей ланцюг за рахунок гітари диференціала

$$(a_1 : b_1) \times (c_1 : d_1).$$

Ланцюг диференціалу алгебраїчно підсумовує частоту обертання стола, що залежить від кількості зубців, що нарізуються та кількості заходів фрези і додаткове обертання стола що залежить від кута нахилу нарізованих зубців. Рівняння кінематичного балансу ланцюга диференціалу має вигляд:

$$T/P_{ГВ} \cdot \frac{24}{1} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{1}{45} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96} = 1_{\text{дод.оберт.столу}}$$

де T – крок гвинтової лінії вертикальної подачі, мм; $T = \pi m_H Z / \sin \beta$

$P_{ГВ}$ – крок гвинта, $P_{ГВ} = 10$ мм;

m_H – нормальний модуль нарізованого колеса, мм;

Z – число нарізованих зубців;

β – кут нахилу зубців зубчастого колеса.

При цьому гітара поділу $(a:b) < (c:d)$ та змінні колеса (e/f) встановлені заздалегідь при налагодженні ланцюгу поділу по формулі:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24k}{Z} \cdot \frac{e}{f}$$

Таким чином, формула налагодження гітари диференціалу буде мати вигляд:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m_H \cdot k}$$

4.4.5 Налагодження кута повороту фрезерного супорту

Для повороту фрезерного супорту потрібно відвернути на 1/2 оберту гайки, що закріплюють супорт на передньому стояку, і, обертаючи чотиригранник, повернути супорт на необхідний (розрахунковий) кут, який залежить від кута підйому і напрямку витків черв'ячної фрези та від кута нахилу і напрямку нарізованих зубців.

$$\gamma = \alpha \pm \beta$$

де α – кут підйому гвинтової лінії черв'ячної фрези, град.;

β – кут нахилу зубців зубчастого колеса, град.

Варіанти налагодження змінних коліс гітар поділу та диференціалу показані в таблиці:

Напрямок нахилу зубців колеса	Напрямок нахилу зубців фрези	Ескіз	Схема гітар зубчастих коліс	
			Ланцюг поділу	Ланцюг диференціала
Правий	Правий			
	Лівий			
Лівий	Правий			
	Лівий			

4.4.6 Налагодження упорів стола

Установка упорів виконується в такій послідовності: спочатку підводиться стіл до дотику фрези із заготовкою, потім стіл відводиться на 0,5 мм і в цьому ж положенні закріплюється упор, що вимикає швидке підведення стола.

З перепадом у 0,25 мм встановлюється також аварійний упор. Потім стіл відводиться на величину, що забезпечує вільне сходження та установку виробу (не менш 15-20 мм) і в цьому положенні встановлюється упор, що вмикає по циклу прискорене відведення стола. Знову підводиться стіл до дотику фрези із заготовкою і в такому положенні повертаючи квадрат 27, підводиться рухомий упор, що змонтований всередині стола, впритул до нерухомого упору, а потім відводиться на величину глибини проходів. Стіл на прискореному ході відводиться в праве вихідне положення. Вертикальні упори забезпечують необхідну довжину зубофрезерування. Їх положення повинно враховувати ширину пакету заготовок та величини врізання і перебігу інструмента.

Передачу рухів різними механізмами верстата зручно розглядати по його кінематичній схемі, що значно полегшує виведення формул для налагоджування відповідних кінематичних ланцюгів.

На кінематичній схемі вказані числа зубців циліндричних, конічних та черв'ячних коліс та числа заходів черв'яка в черв'ячній передачі. Вказані також електродвигуни головного та прискорених рухів.

4.4.7 Карта наладки верстата моделі 5K32

1. Вихідні дані

№	Найменування	Заготовка	Фреза
1	Матеріал		
2	Число зубців нарізованого колеса		x
3	Числа заходів фрези	X	
4	Модуль, мм		
5	Ширина вінця колеса		x
6	Діаметр, мм		
7	Кут нахилу гвинтової лінії, град.		
8	Напрямок нахилу гвинтової лінії		
9	Довжина x загальної нормалі, мм		x

2. Налаштування кінематичних ланцюгів

Модель верстата	Кут повороту супорту	Числа зубців та ескізи ланцюгів			
		Ланцюг головного руху	Ланцюг поділу	Ланцюг вертикальної подачі	Ланцюг диференціалу

3. Налаштування упорів

Найменування	Ескіз
1. Положення перемикача циклів при установці упорів	
2. Положення перемикача напрямку обертів фрези та подачі	
3. Відстань між упорами довжини вертикальної подачі	
4. Відстань між упорами переміщення задньої стійки зі столом	

4.4.8 Включення верстата в роботу

Послідовність дії для включення в роботу зубофрезерного верстата така (рис. 5.1):

- ввімкнути лінійний вимикач 41;
- перемикач циклів 5 поставити в положення «вертикальна подача»;
- перемикач методу фрезерування 2 поставити в положення «Зустрічне фрезерування»;
- перемикач обертання фрези 6 повернути вправо;

- рукояткою 20 ввімкнути вертикальну подачу;
- рукоятку реверса тангенціальної подачі 38 поставити в нейтральне положення;
- натиснути на кнопку «Пуск» гідронасосу 10 (загориться сигнальна лампа 9 «Верстат ввімкнено»);
- натиснути кнопку «Пуск» циклу 14 (загориться сигнальна лампа вертикальної подачі 8);
- включити охолодження 4.

5. Індивідуальні завдання

№ вар.	Колесо, що нарізується			Фреза		Характер обробки
	кількість зубців Z шт	модуль m, мм	матеріал	діаметр D, мм	число заходів k	
1.	32	3	сталь 15	100	1	чорнова
2.	36	3,5	сталь 20X	112	2	чорнова
3.	38	4	сталь 40X	140	1	чорнова
4.	40	4,5	сталь 16	115	2	чорнова
5.	42	3	сталь 20X	160	1	чорнова
6.	48	3,5	сталь 45	180	2	чорнова
7.	64	3	сталь 15	100	1	чорнова
8.	72	3,5	сталь 20X	112	2	чорнова
9.	76	4	сталь 40X	140	1	чорнова
10.	80	4,5	сталь 16	115	2	чорнова
11.	84	3	сталь 20X	160	1	чорнова
12.	96	3,5	сталь 45	180	2	чорнова

6. Контрольні запитання

1. Види робіт, які можна виконувати на верстаті 5K32.
2. Основні вузли напівавтомата мод.5K32.
3. Встановлення на верстаті черв'ячної фрези.
4. Налаштування ланцюга головного руху.
5. Налаштування ланцюга вертикальної подачі.
6. Налаштування ланцюга обкатки.
7. Порядок встановлення упорів.
8. Зміст терміну «налаштування зубофрезерного верстату на нарізання прямозубих зубчатих коліс».
9. Кінематичні ланцюги зубофрезерного верстату, що налаштовують на нарізання прямозубих та косозубих зубчатих коліс.
10. Налаштування ланцюга диференціалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бочков, В. М. Разрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко ; ред. Р. І. Сілін. – Львів : Бескид-Біт, 2008. – 448 с.
2. Ткаченко А. М. Металорізальні верстати та автоматичні лінії: курс лекцій / А. М. Ткаченко. – ЛФХДАДК, 2018. – 282 с.
3. Чернов Н. Н. Металлорежущие станки: Учебник для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием». – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988, – 416 с., ил.
4. 16K20 Станок токарно-винторезный универсальный. Вилучено із http://stanki-katalog.ru/sprav_16k20.htm
5. 1341 Станок токарно-револьверный универсальный. Вилучено із http://stanki-katalog.ru/sprav_1341.htm
6. 1П16А характеристики станка Вилучено із <https://mashinform.ru/tokarnye-stanki/11/1p16a.shtml>
7. 6P12 станок консольно-фрезерный вертикальный. Вилучено із http://stanki-katalog.ru/sprav_6r12.htm
8. 5K32 Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат. Вилучено із http://stanki-katalog.ru/sprav_5k32.htm