

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ФакультетІнженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

КафедраКонструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)(прізвище та ініціали)

«»2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня«бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студентуДеркачу Володимирі Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботиВерстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Ступиця ведучої зірочки»

Керівник роботиЯрема Ігор Теодорович, к.т.н., старший науковий співробітник

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» 01 2024 року № 4/7-84

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботиКреслення деталі «Ступиця ведучої зірочки»; базовий технологічний процес обробки деталі; креслення вузлів токарного верстату з ЧПК мод. 1П420ПФ40.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника. Призначення верстата і його технічна характеристика. Аналіз верстатів аналогів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗДІЛ. Вибір та обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі. Обґрунтування та вибір металообробного обладнання. Обґрунтування та вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту. Розрахунок режимів різання та часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. Розрахунок та вибір основних технічних характеристик верстата. Проектування приводу поздовжньої подачі револьверного супорта. Опис конструкції і принципу роботи вузла.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) Карта налагодження верстату на обробку деталі – 1,5 листа А1.

Кінематична схема верстату – 1 лист ф.А1. Привод поздовжньої подачі револьверного супорта – 2,5 листа ф.А1. Патрон трикулачковий клиновий – 1 лист ф.А1

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б. к.т.н. доц., зав. каф. ТМ		
Нормоконтроль	Кобельник В.Р. к.т.н., доцент		

[illegible]

(підпис)

Деркач В.Б.

(прізвище та ініціали)

_____ Ярема І.Т. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Деркач В.Б. Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Ступиця ведучої зірочки». 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2024 р.

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний маршрут обробки, вибрано різальний, допоміжний та контрольно-вимірювальний інструмент. Розроблено операційну технологію обробки деталі, визначені режими різання. Вибрано структуру та тип приводу поздовжніх переміщень супорта. Проведено розрахунок механічної частини приводу подачі. Вибрано привідний електродвигун приводу поздовжньої подачі супорта та перевірено його посередньому динамічному моменту. Проведено обґрунтування розроблених технічних рішень вимогам техніки безпеки і охорони праці.

Ключові слова: деталь, верстат, інструмент, технологічний процес, режими різання, привід подачі, передача гвинт-гайка кочення.

Derkach V.B. «Machine and instrumental support of the part «Hub for fixing the drive sprocket processing». 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024.

In the bachelor's qualification work, a technological route of processing was developed, a cutting, auxiliary and control-measuring tool was selected. The operational technology of processing the part was developed, the cutting modes were determined. The structure and type of drive for the longitudinal movements of the caliper were selected. The calculation of the mechanical part of the feed drive was carried out. The drive electric motor of the longitudinal feed of the caliper was selected and tested for average dynamic torque. The substantiation of the developed technical solutions was carried out in accordance with the requirements of safety and occupational health and safety technology.

Key words: part, machine, tool, technological process, cutting modes, feed drive, rolling screw-nut transmission.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Деркач В.Б.				АНОТАЦІЯ			
Перевірів	Ярема І.Т.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							
						Літ.	Аркуш	Аркушів
						Н	3	1
						ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника.....	7
1.2. Вибір методу виготовлення заготовки.....	8
1.3. Призначення верстата і його технічна характеристика.....	10
1.4. Аналіз конструкції верстатів аналогічного призначення.....	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	21
2.1. Вибір та обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі та обладнання	21
2.2. Обґрунтування та вибір різального інструменту	22
2.3. Обґрунтування та вибір допоміжного інструменту та пристосувань.....	23
2.4. Обґрунтування та вибір контрольно-вимірювального інструменту.....	24
2.5. Розробка операційної технології обробки деталі.....	25
2.6. Розрахунок режимів різання.....	26
2.7. Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі	32
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1. Розробка структурно-кінематичної схеми верстата.....	35
3.2. Розрахунок та вибір основних технічних характеристик верстату.....	41
3.2.1. Вибір розмірних характеристик верстата.....	41
3.2.2. Визначення технологічних характеристик верстата	41
3.2.3. Кінематичні характеристики верстата.....	46
3.2.4. Визначення силових характеристик.....	47
3.3. Проектування приводу поздовжньої подачі револьверного супорта.....	49
3.3.1. Вибір типу та структури приводу та вихідних даних для розрахунку	49

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">ЗМІСТ</div>			
Розробив	Деркач В.Б.							
Перевірів	Ярема І.Т.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							
					Лім.	Аркуш	Аркушів	
					Н		4	2
					ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41			

3.3.2. Розрахунок механічної частини приводу	50
3.3.2.1. Визначення діаметра ходового гвинта, кроку різі та осьової жорсткості.....	50
3.3.2.2. Розрахунок ходового гвинта на поздовжню стійкість та вібростійкість.....	51
3.3.2.3. Статична міцність та довговічність передачі гвинт-гайка кочення.....	52
3.3.3. Вибір електродвигуна приводу поздовжніх подач супорта.....	55
3.3.3.1. Визначення моментів опору від сил різання та сил тертя, приведених до валу двигуна.....	55
3.3.3.2. Попередній вибір високомоментного електродвигуна.....	56
3.3.3.3. Визначення моменту опору, що переборює електродвигун при розгоні.....	57
3.3.3.4. Перевірка вибраного електродвигуна по середньому динамічному моменту.....	59
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	60
4.1. Характеристика токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК з точки зору охорони праці.....	60
4.2. Вимоги до робочого місця оператора токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК.....	61
4.3. Організація робочого місця.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	69
ДОДАТКИ.....	71

ВСТУП

На сьогоднішньому етапі розвитку машинобудування спостерігається скорочення життєвого циклу виробів машинобудування, що характеризується зростанням обсягів продукції, що виробляється в умовах багатомоделного виробництва. Частка виготовлення продукції в умовах багатомоделного виробництва становить близько 80-85% загального обсягу продукції машинобудування. Тому таке машинобудівне виробництво повинно забезпечуватися обладнанням, що поєднує в собі достатньо високу продуктивність з необхідними універсальністю і гнучкістю, що дає можливість оновлення продукції без суттєвої заміни основних фондів. Такі можливості дає обладнання з ЧПК, в тому числі токарні верстати з можливістю виконання свердлильно-фрезерних операцій.

Сучасні токарні верстати з ЧПК, окрім виконання токарних операцій, можуть здійснювати свердління позacentрових отворів, фрезерування лисок та пазів, нарізання різь та інше. Технологічні можливості і висока степінь автоматизації цих верстатів забезпечується наявністю двох і більше незалежно керованих координат системою ЧПК, широкого діапазону безступеневого регулювання частот обертання шпинделя і подач робочих органів, автоматичної заміни різальних інструментів.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Ступиця ведучої зірочки», що передбачає розробку маршрутної та операційної технології, вибір різального та контрольно-вимірювального інструменту, вибору режимів обробки, а також розробці визначенню технічних характеристик верстата та розробленню конструкції приводу поздовжніх подач супорта токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив	Деркач В.Б.				ВСТУП		
Перевірів	Ярема І.Т.						
Н. контр.	Кобельник В.Р.						
Затв.	Крупа В.В.						
						Літ.	Аркуш
						Н	Аркушів
							6
							1
						ТНТУ, ФМТ	
						гр. МВЗс-41	

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника

Деталь «Ступиця ведучої зірочки» (рис.1.1) служить для базування і закріплення ведучої зірочки. Деталь разом із приєднаною зірочкою монтується на валу КС6Б-54.200, який вмонтований у привід нижнього транспортера 54.000 коренезбиральної машини КС-6Б.

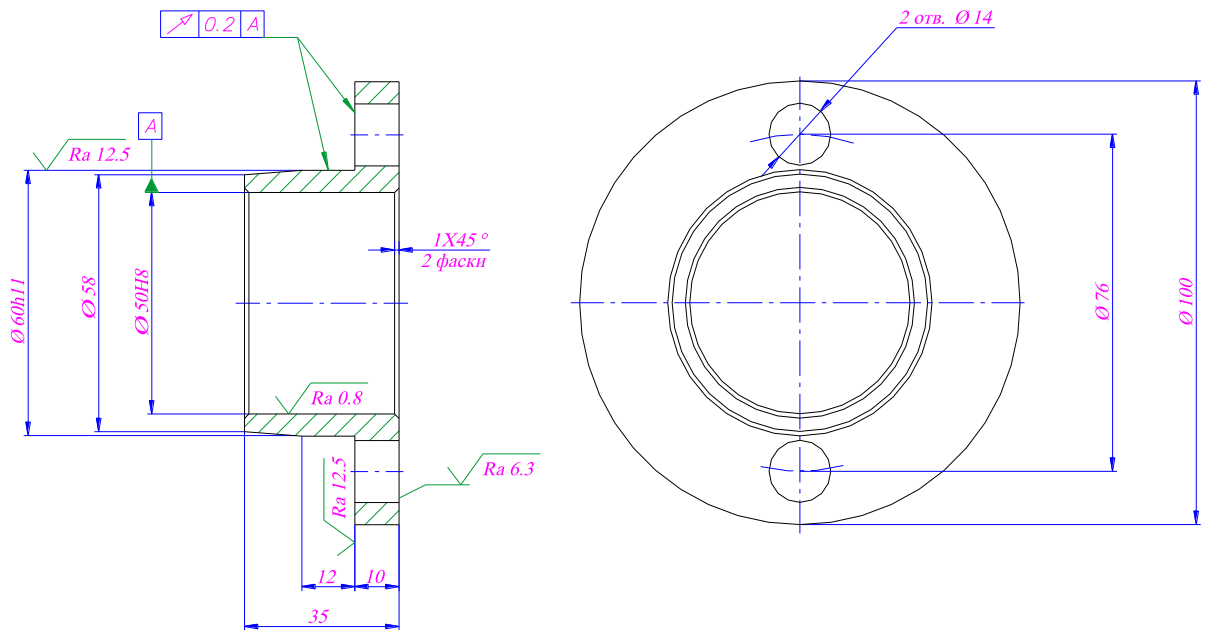


Рис. 1.1. Конструкція деталі «Ступиця ведучої зірочки»

Технологічні вимоги на виготовлення деталі наступні.

Для центрального отвору, який є відповідальною поверхнею шорсткість Ra0,8. Така шорсткість може бути досягнута за допомогою протягування або шліфування. Для обох торцевих поверхонь прийнята шорсткість Ra 6,3, що може бути досягнуто шляхом чистового точіння. Поверхні під посадку і базування зірочки мають шорсткість Ra 12,5, яка досягається також шляхом напівчистового

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ				Лім.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Деркач В.Б.								Н		7	14
Перевірів	Ярема І.Т.								ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Затв.	Крупа В.В.											

точіння. Решта невідповідальних поверхонь мають шорсткість Ra 25.

Найточнішою поверхнею є отвір Ø50H8, виконаний по 8 квалітету. Отвір є базовою поверхнею, тому він повинен оброблятися в першу чергу. Оброблений отвір буде технологічною базою для наступних технологічних операцій. Чистова обробка отвору повинна забезпечуватися протягуванням або внутрішнім шліфуванням. Поверхня Ø60h11, повинна бути виконана по 11 квалітету.

Два отвори Ø14H14 служать для встановлення кріпильних гвинтів, що з'єднують зірочку із деталлю «Втулка КС6Б-54.611».

Вимога радіального биття поверхні Ø60h11 та базуючого торця відносно базового отвору Ø50H8 необхідна для прийнятної похибки обертання зірочки приводу ланцюга транспортера. Ці вимоги забезпечуватимуться за рахунок чистового точіння при базуванні деталі по отвору Ø50H8.

1.2. Вибір методу виготовлення заготовки

Виготовлення заготовки даної деталі, матеріалом якої є сталь 40Х, можливе двома методами:

1. Заготовка отримана із прокату;
2. Заготовка отримана методом штампування.

Виготовлення заготовки литвом виключається внаслідок низької рідкотекучості даного матеріалу.

Оскільки тип виробництва даної деталі серійний (6000 шт.), то доцільно вибрати метод виготовлення заготовки – гаряче штампування у відкритих штампах на гідравлічному молоті КРН-2000. Технологічний процес отримання заготовки наступний: відрізання заготовки Ø50x125 мм; нагрівання відрізаної заготовки; гаряче штампування та обрубкування облою з використанням двох матриць.

За [1] клас точності штамповки – Т4. За [1] вибираємо групу сталі М2. Степінь складності поковки приймаємо С2 за [1], що відповідає відношенню маси поковки до маси геометричної фігури, в яку вписується поковка, рівному

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

0,32...0,63. Вибрана конфігурація поверхні роз'єму штампа – плоска. За [1] визначаємо вихідний індекс для наступного призначення основних припусків, допусків і допустимих відхилень в залежності від маси, групи сталі, степені складності і класу точності поковки. При масі поковки від 1,8 до 3,2 кг, групі сталі М2, степені складності С2 та класу точності Т4 вихідний індекс – 9. По [1] призначаємо припуски і допустимі відхилення розмірів в залежності від вихідного індексу та розмірів поковки. Вибрані припуски, допуски та визначені розміри приведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1. Припуски, допуски та розміри заготовки

№ п/п	Розмір	Припуск	Допуск	Розмір
1.	10	1,2	$+0,8$ $-0,4$	$12,4^{+0,8}_{-0,4}$
2.	35	1,2	$+0,8$ $-0,4$	$37,4^{+0,8}_{-0,4}$
3.	Ø58	-	$+0,9$ $-0,5$	$Ø58^{+0,9}_{-0,5}$
4.	Ø60	1,4	$+0,9$ $-0,5$	$Ø62,8^{+0,9}_{-0,5}$
5	Ø100	-	$+1,1$ $-0,6$	$Ø100^{+1,1}_{-0,6}$

Креслення заготовки приведено на рис. 1.2.

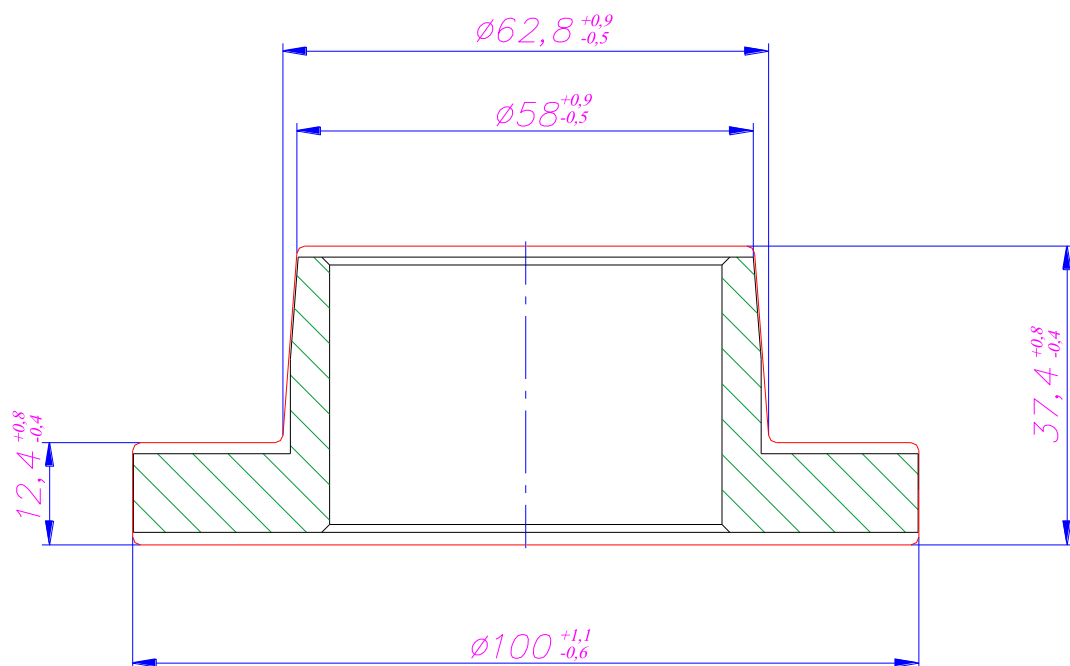


Рис. 1.2. Конструкція поковки

1.3. Призначення верстата і його технічна характеристика

Токарно-револьверний верстат багатоопераційний патронно-прутковий з оперативною системою ЧПК мод. 1П420ПФ40 призначений для виконання токарної і доводочної свердлильно-фрезерної обробки деталей із прутка діаметром до 50 мм в автоматичному циклі і штучних заготовок діаметром до 200 мм в напівавтоматичному циклі в умовах дрібносерійного і серійного виробництва [2]. Верстат забезпечує точність обробки деталей при обточуванні h6, розточуванні H7, по довжині 0,05 мм.

На верстаті можна проводити наступні види обробки [2]: обточування, розточування, підрізку торців, прорізання канавок, проточування конусів, обточування радіусних поверхонь, свердління, зенкерування, розвертання центрального отвору, нарізання різьби мітчиком і плашкою, нарізання різьби різцем, точіння і розточування складних криволінійних поверхонь; обертовим інструментом – свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різьби мітчиком, фрезерування пазів по торцю і периферії деталі, фрезерування лисок, шліців, шпоночних пазів і криволінійних поверхонь.

Верстат має крутонахилену компоновку (рис.1.3). На зварній основі 1 монтується станина 2 з нахиленими напрямними. На передній, нахиленій під кутом 30° до вертикалі, поверхні станини частині встановлена шпиндельна бабка 3. По напрямних станини переміщається в поздовжньому напрямку револьверний супорт, який складається із нижньої каретки 4 та верхньої каретки 5. На верхній каретці встановлена револьверна головка 6.

Спереду, вздовж основи встановлюється транспортер для видалення стружки 7. На правому торці станини встановлено привід поздовжніх переміщень револьверного супорта 8. Привід поперечних переміщень 9 кріпиться на задній нижній частині каретки супорта. На задній поверхні станини розміщені електрошками.

Головний привід шпинделя здійснюється через поліклинову передачу від двигуна постійного струму потужністю 30 кВт [2]. Шпиндель змонтовано на

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

високоточних радіально-упорних підшипниках в жорсткому корпусі [2].

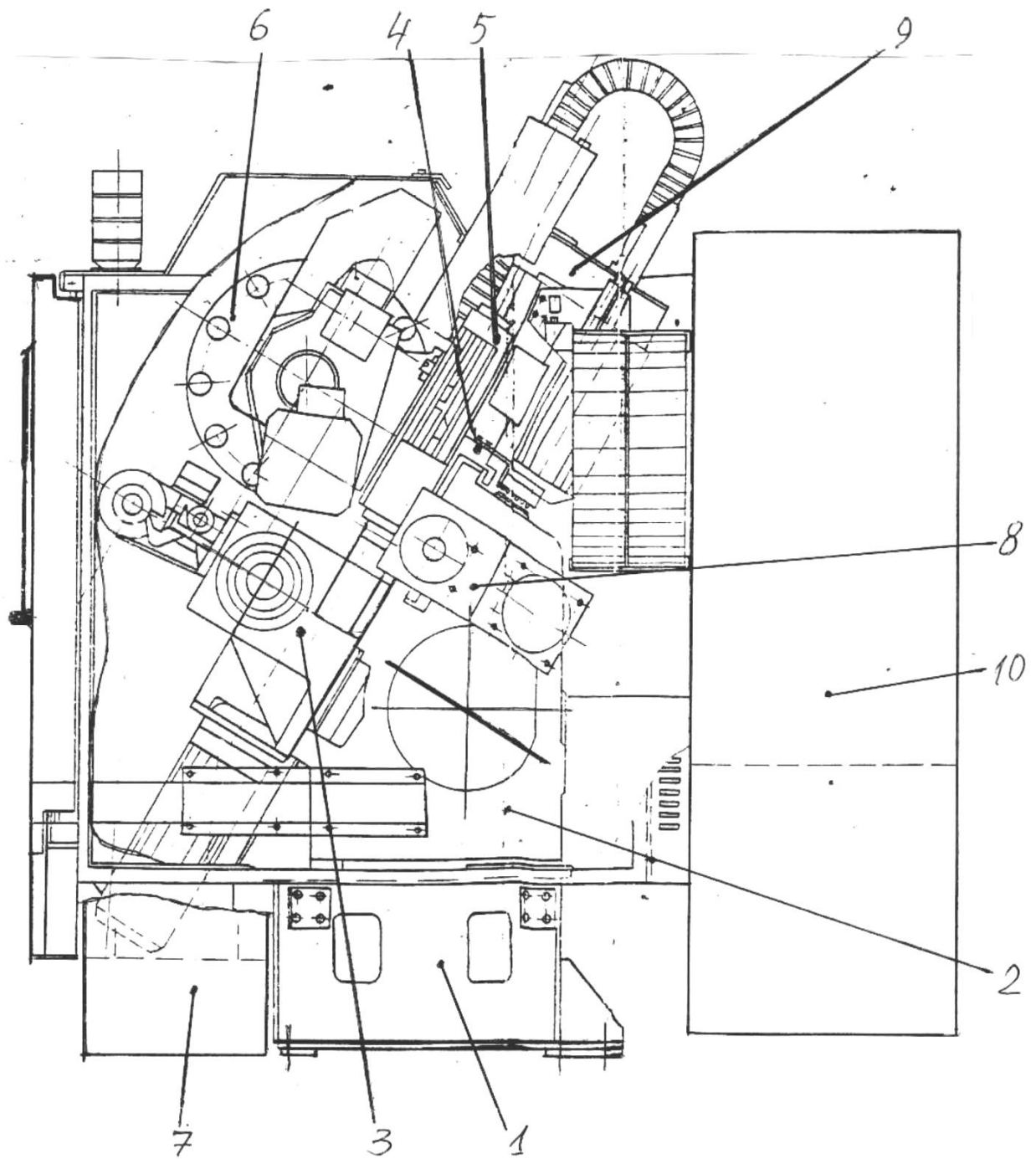


Рис. 1.3. Компоновка верстату мод. 1П420ПФ40

Поздовжня каретка супорта переміщається паралельно осі шпинделя по прямокутних напрямних станини. На верхній частині поздовжньої каретки розташовані дві прямокутні напрямні, по яких перпендикулярно до осі шпинделя переміщується верхня каретка. Переміщення кареток здійснюється від високомоментних двигунів через плоскозубчасті пасові передачі та передачі гвинт-гайка кочення [2].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

Револьверна головка, встановлена на верхній каретці револьверного супорта, має 12 позицій для інструмента, із яких 6 можуть оснащуватись обертовим інструментом [2]. Поворот і фіксація револьверної головки проводиться гідро механізмами, змонтованими в корпусі. Фіксація револьверної головки на плоскій зубчастій вінці забезпечує високу точність і жорсткість. Для доводочних свердильно-фрезерних робіт на шпинделі передбачений механізм кутового позиціонування з приводом від двигуна постійного струму [2].

Заготовки встановлюються в трьохкулачковому патроні. Затиск-розтиск здійснюється гідроциліндром і контролюється кінцевим вимикачем.

Кінематична схема токарно-револьверного багатоопераційного патронно-пруткового верстату з оперативною системою ЧПК мод. 1П420ПФ40 приведена рис. 1.4.

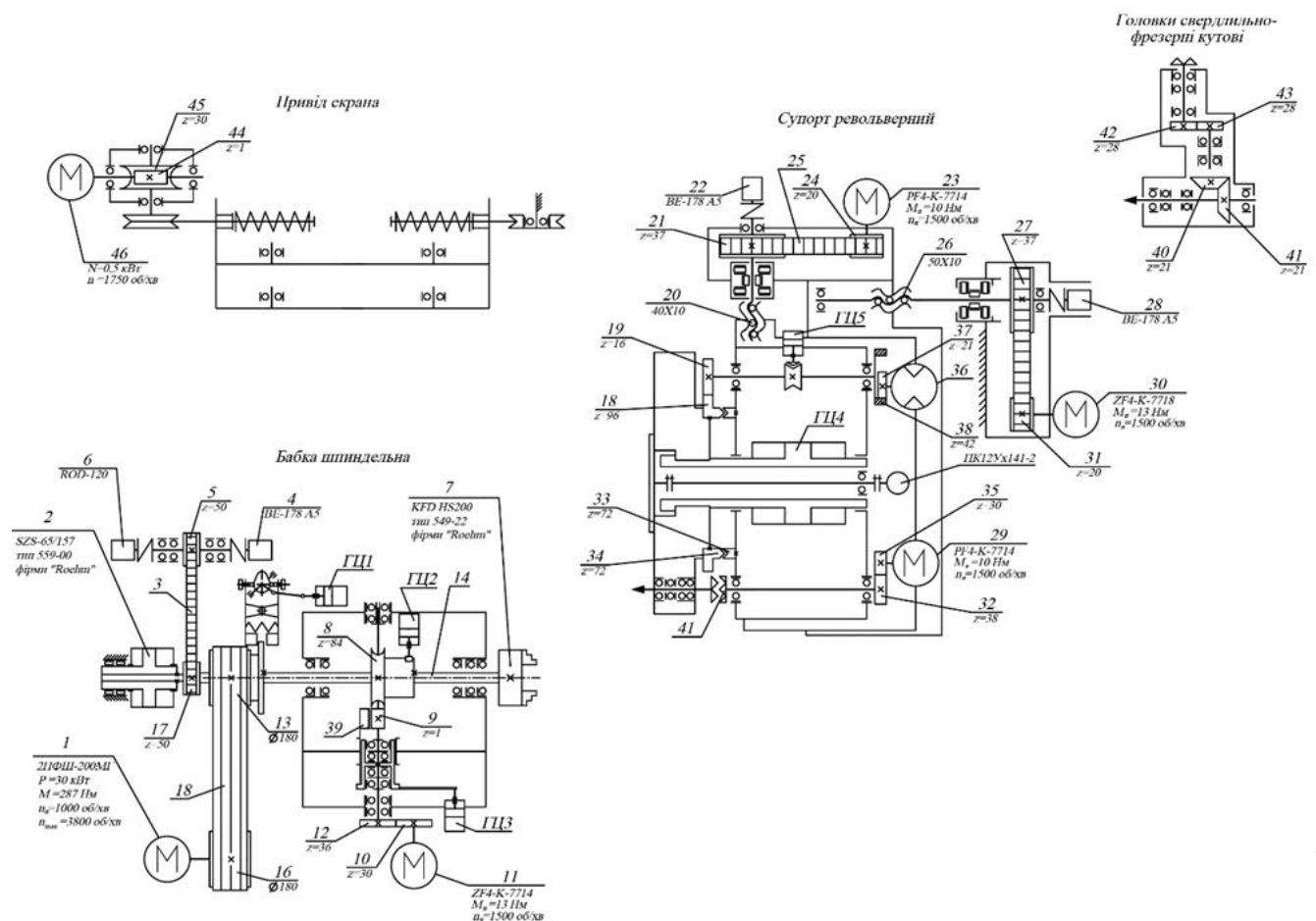


Рис. 1.4. Кінематична схема верстату мод. 1П420ПФ40

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	12

Привід головного руху шпинделя шпиндельної бабки здійснюється від двигуна постійного струму 1 потужністю 30 кВт ($n_{\text{ном}}=1000\text{об/хв}$ $n_{\text{max}}=3500\text{ об/хв}$) через поліклінопасову передачу (шків 13 та 16 з Ø180 мм, пас 15) на шпиндель 14 [2].

Двокоординатний супорт з револьверною головкою переміщається по поздовжніх напрямних від високомоментного електродвигуна 30. Обертання від електродвигуна передається плосkozубчастим пасом 29 через шків 31-27 на гвинт 26 передачі «гвинт-гайка кочення» [2].

Каретка супорта переміщується по поперечних напрямних від високомоментного електродвигуна 23. Обертання від електродвигуна передається плосkozубчастим пасом 25 через шків 24-22 на гвинт 20 передачі «гвинт-гайка кочення» [2].

Привід повороту револьверної головки супорта здійснюється від гідродвигуна через зубчасту передачу 19-18. Попередня фіксація револьверної головки виконується від пальцевого фіксатора 37, який вводиться в один із двох пазів фіксуєчого диска 38, жорстко закріпленого на валу шестерні 19. Попередній фіксатор приводиться в рух гідроциліндром ГЦ5. Остаточна фіксація револьверної головки здійснюється за допомогою зубчастих вінців 33-34 гідроциліндром ГЦ4 [2].

Привід кругової подачі шпинделя здійснюється від високомоментного двигуна через прямозубу циліндричну передачу 10-12 та черв'ячну передачу 9-8 при введеному в зачеплення з колесом 8 черв'яку 9. Введення в зачеплення черв'яка проходить в зафіксованому положенні шпинделя вгвинчуванням із копіру 39. Після виходу із копіру черв'як дотискається і утримується в робочому положенні гідроциліндром ГЦ3. Вивід черв'яка із зачеплення проходить при зафіксованому положенні черв'ячного колеса [2].

Датчиком зворотного зв'язку являється фотоелектричний круговий перетворювач 6 (РОД-220-9000 імп.), зв'язаний із шпинделем плоско зубчастим пасом 3 через шків 5 та 17.

Привід обертання інструменту в револьверній головці здійснюється від

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

високомоментного електродвигуна через зубчасту передачу 32-35 і кулачкову муфту 41 на інструментальну головку [2].

1.4. Аналіз конструкції верстатів аналогічного призначення

Токарний верстат з ЧПУ мод. 1716ПФ4 (рис. 1.5) призначений для високопродуктивної обробки деталей типу тіл обертання з конструкційних сталей, чавуну, кольорових та легких сплавів та інших матеріалів [3]. Цикл роботи верстата напівавтоматичний.



Рис. 1.5. Токарний верстат з ЧПУ мод. 1716ПФ4

Станина токарного верстата мод. 1716ПФ4 являє собою замкнуту динамічно жорстку конструкцію, що має велику міцність на згин і кручення. Загартовані до високої твердості чавунні напрямні забезпечують тривале збереження геометричної точності. Нахилене розташування станини забезпечує вільний схід стружки і доступ в зону різання [3].

Велика потужність та швидкодія приводів подачі та головного руху, висока частота обертання шпинделя у поєднанні з жорсткою конструкцією верстата забезпечують високопродуктивну обробку з використанням сучасних різальних матеріалів [3].

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

Напрявні поперечної каретки, поздовжні напрямні супорта, поверхні клинів і планок облицьовані антифрикційним матеріалом, що забезпечує в поєднанні з їх імпульсним змащуванням високу плавність і стабільність переміщень супорта [3].

Автоматизація всіх допоміжних переміщень на верстаті (прибирання стружки, управління затиском заготовки, переміщення пінолі, переміщення та закріплення на станині задньої бабки, переміщення огороження) створює передумови для повної автоматизації циклу обробки у разі застосування промислового робота як засобу завантаження-вивантаження [3].

Шпиндель напівавтомата в залежності від виконання базується на підшипниках високої точності (роликових конічних або кулькових радіально-упорних типу «дуплекс» та «триплекс») це дозволяє отримати високу точність форми оброблених деталей [3].

Верстат мод. 1716ПФ4 має 12-позиційну інструментальну головку з диском для швидкозмінних блоків токарного інструменту. Налаштування блоків можливе на пристрої. Передбачено можливість автоматичного видалення стружки за допомогою стрічкового транспортера. Зона різання закрита огорожею каркасного типу, що виключає проникнення стружки і ЗОР за огорожу [3].

Токарний верстат з ЧПУ СТХ 310 ecoline (рис. 1.6) фірми DMG призначений для виконання комплексної (токарної та фрезерної) 3-х осьової обробки (осі X, Z, C) деталей малих та середніх розмірів в автоматичному або напівавтоматичному режимі [4].

Станина верстата має кут нахилу 45° і має високий коефіцієнт опору скручуванню. Усі напрямні є напрямними кочення. Наявність 4-х напрямних забезпечує можливість незалежного переміщення задньої бабки. Напрявні осі Z закриті захисними кожухами, що підвищує безпеку та збільшує термін служби верстата [4].

Шпиндель встановлений у радіально-упорних підшипниках зі змащенням, розрахованим на весь термін експлуатації верстата. Безколекторний асинхронний двигун з пасовим приводом оснащений прямою вимірювальною системою високої роздільної здатності [4].

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

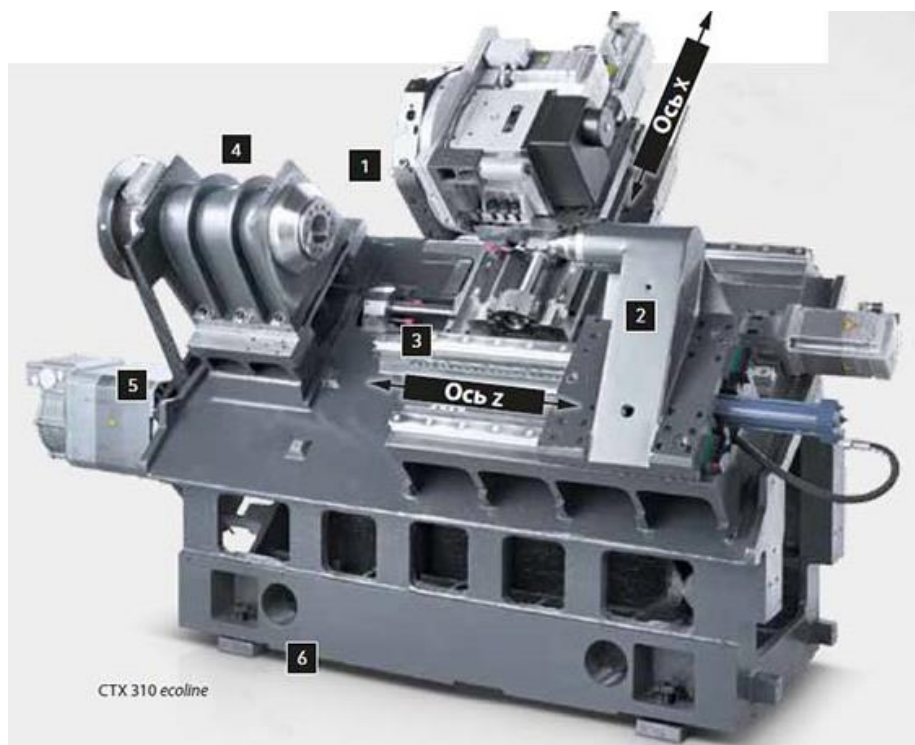


Рис. 1.6. Токарний верстат з ЧПУ CTX 310 ecoline фірми DMG

Хрестовий супорт має напрямні кочення із попереднім натягом. Привода переміщень в поздовжньому (вісь Z) та поперечному (вісь X) напрямках є високодинамічними приводами змінного струму. Рух передається за допомогою кульково-гвинтових передач із попереднім натягом, які розміщені на двох підшипникових опорах. Вимірювальна система осей X і Z оснащена абсолютними кутовими вимірювальними системами (енкодери), що обертаються [4].

Револьверна головка може бути без привідного інструменту та з привідним інструментом та має 12 інструментальних позицій. Вибір позиції здійснюється за найкоротшим кутом повороту [4].

Вісь C призначена для позиціювання та безперервного управління поворотом головного шпинделя, включаючи гідравлічне гальмо. Задня бабка з обертовим центром встановлена на окремих напрямних кочення. Задня бабка рухається автоматично за допомогою гідравліки, зі збільшеною швидкістю [4].

Токарний патронно-прутковий верстат EMCOTURN E45 (рис. 1.7) фірми Emco Maier призначений для високоточного швидкісного точіння деталей з фасонними поверхнями, свердління та розточування, а також фрезерування лисок,

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

каналок, складних поверхонь та конструктивних елементів за допомогою осьового та радіального приводного інструменту. При комплектації автоматичним пристроєм подачі прутка, лотком для зняття готових деталей, системою контролю зношування та поломки інструменту, верстат призначені для серійного виробництва [5].



Рис. 1.7. Токарний патронно-прутковий верстат EMCOTURN E45
фірми Emco Maier

Верстат має компактну жорстку нахилену зварну станину, що забезпечує зручний доступ до робочої зони та природної евакуації стружки. Станина має високу термостабільність та наповнена вібропоглинаючим матеріалом [5].

Усі напрямні верстата є роликовими напрямними кочення з попереднім натягом, що забезпечує відсутність люфту в будь-якому напрямку дії сили, високі швидкості руху та мале зношування [5].

Головний мотор-шпиндель має високу потужність приводу, компактну, термостійку конструкцію, великий діапазон швидкостей. Шпиндель змонтований на чотирьох підшипниках (по два в кожній опорі) та забезпечує передумови для обробки прутка, а також обробки деталей в патроні [5].

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

Револьверна головка містить 12 приводних інструментальних станцій та має систему швидкої зміни інструменту. Привід інструментів здійснюється від серводвигуна, який надає інструментам обертальний рух. Перемикання позицій револьверної головки здійснюється завдяки двонаправленій логіці. Кожна позиція револьверної головки може містити приводні тримачі інструменту [5].

Токарний верстат з ЧПК TALENT 42 (рис. 1.8) фірми Hardinge пропонує виняткове поєднання функцій для точності, гнучкості та довговічності в компактному дизайні. Унікальна конструкція головного шпинделя з цанговим патроном підвищить точність деталей і покращить обробку поверхні [6].



Рис. 1.8. Токарний верстат з ЧПК TALENT 42 фірми Hardinge

Верстат має міцну цільну чавунну основу, потужні роликові лінійні напрямні та кулькові гвинти.

Шпиндель верстата змонтований у високоточних підшипниках кочення, що не потребують регулювання в процесі експлуатації та забезпечують високу точність та довговічність. Шпиндель є універсальним і розроблений для встановлення як цанг, так і кулачкових патронів без використання адаптера. Тому заготовка утримується близько до підшипників шпинделя, що забезпечує

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

максимальну точність, жорсткість і силу затиску. Це також забезпечує максимальну кількість обертів шпинделя, що підвищує продуктивність [6].

У приводах подач застосовані синхронні двигуни змінного струму, що мають широкий діапазон регулювання швидкості переміщення [6].

Конструкція 12-позиційної револьверної головки забезпечує високу жорсткість (фіксація головки на плоскі зубчасті колеса) та високу швидкодію. Установка інструмента, що обертається, можлива в будь-якій з 12 позицій револьверної головки [6].

Токарний патронний напівавтомат мод. ТС 400-52 (рис.1.9) фірми Spinner забезпечує багатоопераційну обробку з використанням великої кількості інструментів в умовах середньосерійного та дрібносерійного виробництва.

Особливістю верстата крутонахилена станина під кутом 60° до горизонталі, яка виготовлена із чавуну та напрямні ковзання, які володіють більшою можливістю демпфування в порівнянні з напрямними кочення, завдяки чому забезпечується збільшення часу стійкості інструменту. Привід головного руху виконаний у вигляді мотор-шпинделя, а револьверні головки оснащені обертовим інструментом.



Рис. 1.9. Токарний верстат мод. ТС 400-52 фірми Spinner

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Токарний верстат з ЧПК мод. В400 (рис. 1.10) фірми Index-Werke призначений для комплексної обробки коротких та довгих деталей в умовах дрібносерійного та середньосерійного виробництва. Модульна конструкція дозволяє компонувати верстати для конкретних умов обробки замовника. Набір модулів включає: шпиндельні бабки; задню бабку; люнет; револьверні головки з приводними та стаціонарними інструментами; вертикальні каретки для монтажу і переміщення револьверних головок. Основні переваги: чітко структурована і ергономічна концепція робочої зони; жорстка станина з мінерального литва для досягнення високої точності обробки; робочий шпиндель з пасовим приводом для досягнення високих крутних моментів; система управління iXpanel - i4.0 ready з сенсорним екраном 18,5". Продумана концепція робочої зони з крутонахиленою станиною забезпечує ідеальний стружковідвід і запобігає утворенню її скупчень. Це забезпечує швидке налагодження, відмінний доступ до робочої зони.



Рис. 1.10. Токарний верстат з ЧПК мод. В400 фірми Index-Werke

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір та обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі та обладнання

Аналізуючи робоче креслення деталі «Ступиця ведучої зірочки» можна зробити висновок про те, що основною конструкторською базою є основний отвір Ø50H8. За чорнову базу береться зовнішній діаметр заготовки Ø100. В якості установочної бази приймається внутрішній діаметр Ø50H8.

Заданий тип виробництва 6000 деталей в рік або 500 деталей в місяць. При такому типі виробництва виготовлення деталей відбуватиметься партіями. Відповідно обладнання повинно бути універсальне або з ЧПК [7]. На токарних операціях, унаслідок того, що оброблюваними поверхнями є елементарні тіла обертання, можливе застосування універсальних токарних верстатів типу 16K20 при малій кількості переходів, або з ЧПК типу 1П420ПФ40 для більшої кількості переходів з можливістю виконання свердлильних операцій. Для отримання центрального отвору необхідно виконати свердління, розсвердлювання, розточування та протягування [7]. Для свердління, розсвердлювання та зенкування фаски можна використати універсальний вертикально-свердлильний верстат 2Н150, а для протягування – горизонтально-протяжний верстат 7Б55.

Послідовність виконання операцій механічної обробки, їх зміст та використовуване обладнання приведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1. Послідовність виконання операцій механічної обробки

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Технологічне обладнання
005	Вертикально-свердлильна	Свердлити отвір Ø20 напрохід	Вертикально-свердлильний мод. 2Н150

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Деркач В.Б.							Н		21	14
Перевірів	Ярема І.Т.							ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.										
Затв.	Крупа В.В.										

010	Вертикально-свердлильна	Розсвердлити отвір з Ø20 до Ø48,5	Вертикально-свердлильний мод. 2Н150
015	Токарно-гвинторізна	Розточити отвір з Ø48,5 до Ø49	Токарно-гвинторізний мод. 16К20
020	Вертикально-свердлильна	Зенкувати фаску 2х45°	Вертикально-свердлильний мод. 2Н150
025	Горизонтально-протяжна	Протягнути отвір до Ø50Н8	Горизонтально-протяжний мод. 7Б55
030	Токарно-револьверна з ЧПК	Підрізати торець в розмір 37, розточити фасу в розмір 1х45°. Переустановити деталь Обточити поверхню в розмір Ø60h11; підрізати торець в розмір 10мм; підрізати торець в розмір 35 мм; розточити фасу в розмір 1х45°. Свердлити послідовно 2 отв. Ø14	Токарно-револьверний з ЧПК мод.1П420ПФ40

2.2. Обґрунтування та вибір різального інструменту

Вибраний різальний інструмент для виконання операцій механічної обробки згідно рекомендацій [7] приведений у табл. 2.2.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

Таблиця 2.2. Різальний інструмент для виконання операцій механічної обробки

№ операції	Назва операції	Різальний інструмент
005	Вертикально-свердлильна	Свердло спіральне Ø20 P6M5 2301-0069 ГОСТ10903-77
010	Вертикально-свердлильна	Свердло спіральне Ø48,5 P6M5 2301-0162 ГОСТ10903-77
015	Токарно-гвинторізна	Різець токарний розточний T15K6 2140-0004 ГОСТ18882-73
020	Вертикально-свердлильна	Зенковка P6M5 2553-0138 ГОСТ14953-80
025	Горизонтально-протяжна	Протяжка Ø50 P6M5 2404-410189 СТП 20565-74
030	Токарно-револьверна з ЧПК	1. Різець токарний підрізний T15K6 CCLNL2525M12-H3 ГОСТ26611-85 2. Різець токарний контурний T15K6 PCLNL2525M16 ТУ 2-035-892-82 3. Свердло спіральне Ø14 P6M5 2301-0046 ГОСТ10903-77

2.3. Обґрунтування та вибір допоміжного інструменту та пристосувань

Вибраний допоміжний інструмент та пристосування при виконанні операцій механічної обробки згідно рекомендацій [7] приведений у табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Вибраний допоміжний інструмент та пристосування

№ операції	Назва операції	Допоміжний інструмент та пристосування
005	Вертикально-свердлильна	Пристосування 7366-4045

010	Вертикально-свердлильна	Пристосування 7366-4045
015	Токарно-гвинторізна	Патрон токарний спірально-рейковий 7100-0009 ГОСТ2675-80
020	Вертикально-свердлильна	Пристосування 7366-4045
025	Горизонтально-протяжна	1. Планшайба сферична 7620-4015 2. Втулка 6170-4008/004-03 3. Кулачок 6170-4008/003-03
030	Токарно-револьверна з ЧПК	1. Головка 32.85.760 2. Цанга СН52.00.85.01/06 3. Державка 34.88.100 4. Патрон спеціальний

2.4. Обґрунтування та вибір контрольно-вимірювального інструменту

Вибраний контрольно-вимірювальний інструмент для контролю поверхонь при виконанні операцій механічної обробки згідно рекомендацій [7] приведений у табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Вибраний контрольно-вимірювальний інструмент

№ операції	Назва операції	Контрольно-вимірювальний інструмент
005	Вертикально-свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
010	Вертикально-свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
015	Токарно-гвинторізна	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80

020	Вертикально-свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
025	Горизонтально-протяжна	Пробка Ø50H7 8133-4268
030	Токарно-револьверна з ЧПК	1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 2. Шаблон 8371-0186 МН 1422-61 3. Биттемір S-I-A ГОСТ 8137-81 4. Індикатор ИЧ-02 кл.1 ГОСТ 577-68 5. Оправка 8031-4010-34

2.5. Розробка операційної технології обробки деталі

Послідовність переходів кожної технологічної операції механічної обробки деталі приведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Послідовність переходів технологічних операцій

№ операції	Назва операції	Послідовність переходів
005	Вертикально-свердлильна	1. Встановити деталь в пристосуванні 2. Свердлити отвір в розмір $\text{Ø}20^{+0,5}$ напрохід 3. Зняти деталь і покласти в тару
010	Вертикально-свердлильна	1. Встановити деталь в пристосуванні 2. Розсвердлити отвір в розмір $\text{Ø}48,5^{+0,5}$ напрохід 3. Зняти деталь і покласти в тару
015	Токарно-гвинторізна	1. Встановити деталь та закріпити 2. Розточити отвір в розмір $\text{Ø}49^{+0,5}$ напрохід 3. Зняти деталь і покласти в тару
020	Вертикально-свердлильна	1. Встановити деталь в пристосуванні 2. Зенкувати фаску в розмір $2 \times 45^\circ$ 3. Зняти деталь і покласти в тару

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

025	Горизонтально-протяжна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь в пристосуванні 2. Протягнути отвір в розмір Ø50f9 3. Зняти деталь і покласти в тару
030	Токарно-револьверна з ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку в патроні 2. Підрізати торець в розмір 37_{-0,6} та розточити фаску в розмір 1x45° 3. Переустановити заготовку в патроні 4. Підрізати торець в розмір 10_{-0,3} забезпечивши торцеве биття 0,2 мм відносно базового отвору 5. Підрізати торець в розмір 35_{-0,6} та розточити фаску в розмір 1x45° 6. Обточити поверхню в розмір Ø60h11 (-0,19) забезпечивши радіальне биття 0,2 мм відносно базового отвору 7. Свердли 2 отвори Ø14^{+0,4} витримавши розмір Ø76±0,3 8. Зняти деталь

2.6. Розрахунок режимів різання

Режими різання призначалися по довіднику [8].

За [8] для чорнової токарної обробки торця деталі, матеріалом якої є конструкційна сталь рекомендується матеріал різальної частини – твердий сплав марки T15K6.

При діаметрі обробки 100 мм та глибині різання до 3 мм при обробці сталі рекомендується подача $S_{0T} = 0,61$ мм/об [3].

Дійсне значення подачі на чистовій стадії обробки визначається за формулою [8]:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_{S_u} \cdot K_{S_p} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_y} \cdot K_{S_n} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_j}, \quad (2.1)$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

де K_{S_u} – поправочний коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу;

K_{S_p} – поправочний коефіцієнт, що залежить від способу кріплення інструментальної пластини;

K_{S_M} – поправочний коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу;

K_{S_y} – поправочний коефіцієнт, що залежить від схеми встановлення заготовки;

K_{S_n} – поправочний коефіцієнт, що залежить від стану поверхні заготовки;

K_{S_ϕ} – поправочний коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця;

K_{S_j} – поправочний коефіцієнт, що залежить від жорсткості верстату.

За [8] $K_{S_u} = 1,0$; $K_{S_p} = 1,0$; $K_{S_M} = 0,9$; $K_{S_y} = 0,8$; $K_{S_n} = 0,85$; $K_{S_\phi} = 1,0$; $K_{S_j} = 0,75$.

Тоді отримаємо:

$$S_0 = 0,61 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,27 \text{ мм/об.}$$

При глибині різання до 3 мм та подачі до 0,3 мм/об рекомендується швидкість різання $V_T = 171 \text{ м/хв}$ [8].

Дійсна швидкість різання при чистовій обробці визначиться за формулою:

$$V = V_T \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{Ж}}, \quad (2.2)$$

де K_{V_H} – поправочний коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу;

K_{V_C} – поправочний коефіцієнт, що залежить від групи оброблюваності матеріалу;

K_{V_O} – поправочний коефіцієнт, що залежить від виду обробки;

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

					<div> <div>КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ</div> <div>Арк.</div> </div>
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	28

$$D := 14\text{mm} \quad ob := 2\pi\text{rad} \quad T := 60\text{min}$$

$$S := 0.2 \frac{\text{mm}}{ob}$$

$$C_v := 9.8 \quad q := 0.4 \quad y := 0.5 \quad m := 0.2$$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}$$

Де:

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал.

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал.

K_{lv} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad \text{MPa} := 10^6 \text{Pa}$$

Де:

K_r - коефіцієнт, що враховує групу сталі по оброблюваності

n - показник степеня

σ_B - фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал.

$$\sigma_B := 900\text{MPa} \quad n_v := 0.9 \quad K_r := 0.85$$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750\text{MPa}}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad K_{mv} = 0.721$$

$$K_{nv} := 0.5$$

$$K_{lv} := 1$$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}$$

$$K_v = 0.361$$

$$V_c := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad V_c = 22.086 \text{m}^0 \text{s}^0$$

Частота обертання інструмента при свердлінні, об/хв:

$$n := \frac{V_c}{\pi \cdot D} \quad n = 502.157 \text{m}^{-1} \text{s}^0$$

В результаті $n := 430 \cdot \frac{ob}{\text{min}}$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

Основний час обробки T_0 , min:

$$T_0 := \frac{L}{n \cdot S}$$

Де:

L - довжина обробки, включаючи підвід і вихід інструмента.

$$L := 40 \text{ mm}$$

$$T_0 = 0.698 \text{ m}^2 \text{ s}$$

Для визначення крутного моменту і осьової сили скористаємося формулами:

$$M_{\text{кр}} := 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad \frac{\text{H}}{\text{м}} \quad P_0 := 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad \text{Н}$$

Де:

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки обробки.

C_M і C_P - коефіцієнти

$$K_p := K_{mv}$$

Для моменту:

$$C_M := 0.0345 \quad q := 2 \quad y := 0.8$$

$$M_{\text{кр}} := 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad M_{\text{кр}} = 1.232 \times 10^{-8} \frac{\text{H}}{\text{м}} \text{ м}^2$$

Для осьової сили:

$$C_P := 68 \quad q := 1 \quad y := 0.7$$

$$P_0 := 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad P_0 = 4.884 \times 10^{-3} \text{ Н}$$

Решта визначених режимів різання за методикою [8], приведені в табл. 2.6.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.6. Режими різання

Назва переходу	Режими різання			
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
005 Вертикально-свердлильна				
Свердлити отвір в розмір $\varnothing 20^{+0,5}$ напрохід	10	0,28	250	15,7
010 Вертикально-свердлильна				
Розсвердлити отвір в розмір $\varnothing 48,5^{+0,5}$ напрохід	12	0,28	125	17,3
015 Токарно-гвинторізна				
Розточити отвір в розмір $\varnothing 49^{+0,5}$ напрохід	0,25	0,25	400	62
020 Вертикально-свердлильна				
Зенкувати фаску в розмір $2 \times 45^\circ$	2	0,1	125	17,3
025 Горизонтально-протяжна				
Протягнути отвір в розмір $\varnothing 50 \text{f9}$	0,5	-	-	5
030 Токарно-револьверна з ЧПК				
Підрізати торець в розмір $37_{-0,6}$ та розточити фаску в розмір $1 \times 45^\circ$	2	0,27	290	90,3
Підрізати торець в розмір $10_{-0,3}$ забезпечивши торцеве биття 0,2 мм відносно базового отвору	1,5	0,27	290	90,3
Підрізати торець в розмір $35_{-0,6}$ та розточити фаску в розмір $1 \times 45^\circ$	2	0,27	500	90,3
Обточити поверхню в розмір $\varnothing 60 \text{h11 } (-_{0,19})$ забезпечивши радіальне биття 0,2 мм відносно базового отвору	1,5	0,27	500	90,3

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Свердли 2 отвори Ø14 ^{+0,4} витримавши розмір Ø76±0,3	7	0,2	430	22
-------------------------------------------------------------------	---	-----	-----	----

2.7. Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі

Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі визначаємо для операції 030.

Час циклу автоматичної роботи верстата по програмі визначається за залежністю [8]:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мв}, \quad (2.4)$$

де T_o – основний час автоматичної роботи верстата по програмі;

$T_{мв}$ – машинно-допоміжний час роботи верстата по програмі.

Основний час автоматичної роботи верстата по програмі визначається за залежністю [8]:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (2.5)$$

де L_i – довжина шляху (або траєкторії), що проходить інструмент або деталь в напрямку подачі при обробці i -ї технологічної ділянки (з врахуванням врізання і перебігу), мм;

S_{mi} – хвилинна подача на даній ділянці, мм/хв;

$i = 1, 2, \dots, n$ – число технологічних ділянок обробки.

Машинно-допоміжний час роботи верстата по програмі визначається за залежністю [8]:

$$T_{мв} = T_{мв.и} + T_{мв.х}, \quad (2.6)$$

де $T_{мв.и}$ – машинно-допоміжний час на автоматичну заміну інструменту;

$T_{мв.х}$ – машинно-допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів і технологічні паузи.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Для верстатів з контурними та комбінованими системами ЧПК машинно-допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів і технологічні паузи визначається за залежністю [8]:

$$T_{мв.х} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{ххj}}{S_{му}}, \quad (2.7)$$

де $L_{ххj}$ – довжина шляху j -ї ділянки автоматичного допоміжного ходу, мм;

$S_{му}$ – хвилинна подача прискореного ходу, мм/хв;

$j = 1, 2, \dots, m$ – число ділянок автоматичних допоміжних ходів.

Довжини робочих та холостих ходів по переходах, хвилинні подачі на кожній ділянці робочого чи холостого ходу, основний час роботи верстата по програмі та машинно-допоміжний час роботи верстата по програмі, обчислені за залежностями (2.4 – 2.7) приведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7. Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата

Назва виконаної роботи	Довжина ділянки траєкторії L_i , мм	Хвилинна подача на i -й ділянці S_{mi} , мм/хв	Основний час автоматичної роботи верстата по програмі T_o , хв	Машинно-допоміжний час роботи верстата по програмі $T_{мв}$, хв
Підвід інструменту	212	15000	-	0,014
Підрізання торця та розточка фаски	28	78.3	0,36	-
Відвід інструменту	235	15000	-	0,016
Заміна інструменту	-	-	-	0,033
Переустановка деталі	-	-	-	0,27
Підвід інструменту	227	15000	-	0,015
Підрізання торця	20	78,3	0,26	-
Швидке переміщення	25	15000	-	0,002
Підрізання торця та розточка фаски	8	135	0,05	-
Відвід інструменту	235	15000	-	0,016

Заміна інструменту	-	-	-	0.033
Підвід інструменту	240	15000	-	0,016
Обточування поверхні Ø60	13	135	0,09	-
Відвід інструменту	252	15000	-	0,017
Заміна інструменту	-	-	-	0.033
Підвід інструменту	238	15000	-	0,016
Обробка отвору Ø14	16	100	0,16	-
Відвід інструменту	16	15000	-	0,001
Поворот деталі	-	-	-	0,02
Обробка отвору Ø14	16	100	0,16	-
Відвід інструменту	252	15000	-	0,017
Сумарний час роботи верстата	-	-	1,08	0,519

Час циклу автоматичної роботи верстата по програмі:

$$T_{ц.а.} = 1,08 + 0,519 = 1,599 \text{ хв.}$$

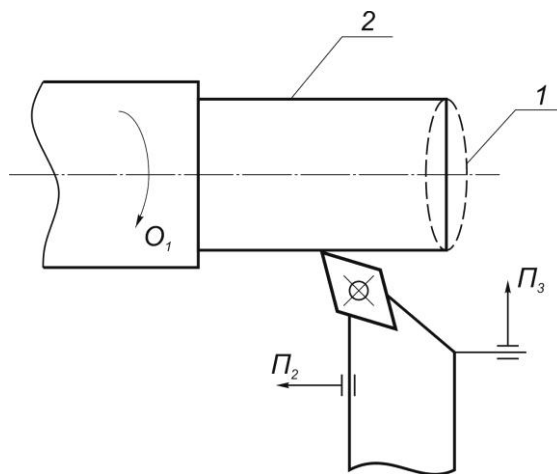
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розробка структурно-кінематичної схеми верстата

Набір виконавчих рухів, які визначаються із аналізу формоутворення оброблюваних поверхонь [10], є основою для розробки структурно-кінематичної схеми верстату.

Схеми обробки поверхонь, методи їх утворення та формоутворюючі і інші виконавчі рухи верстата приведені нижче.

1. Точіння зовнішніх циліндричних поверхонь.

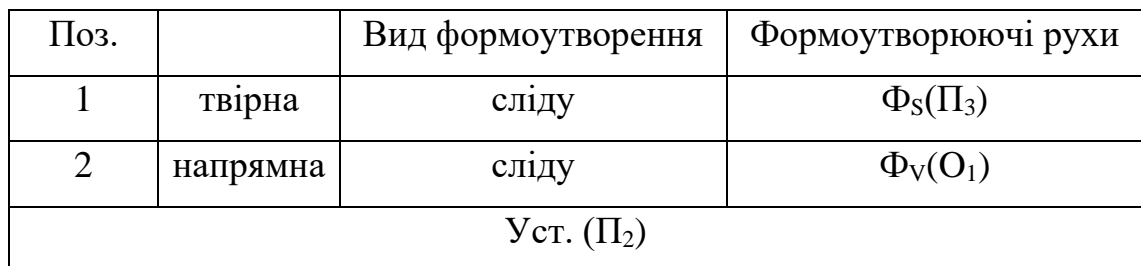
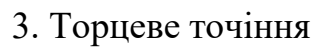


Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_v(O_1)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_s(P_2)$
Уст. (P_3)			

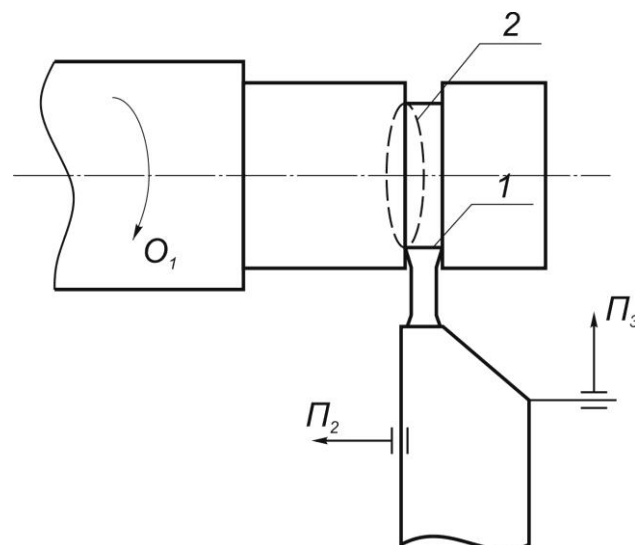
2. Точіння зовнішніх криволінійних поверхонь

Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_v(O_1)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_s(P_2P_3)$
—			

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ			
Розробив	Деркач В.Б.							
Перевірів	Ярема І.Т.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
					Н		35	26
					ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41			

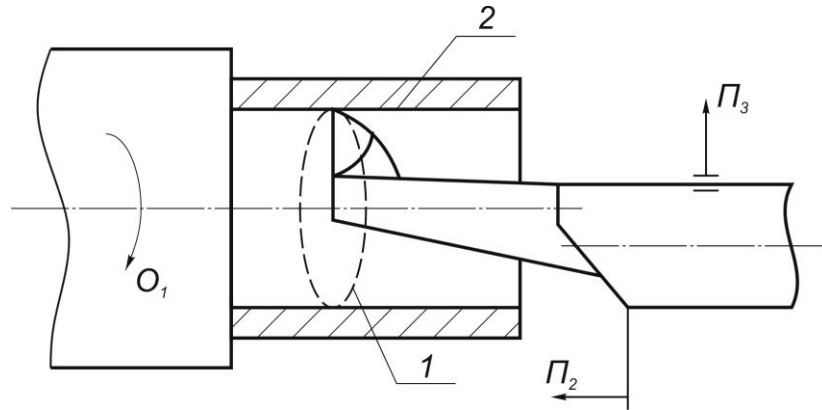


4. Відрізання



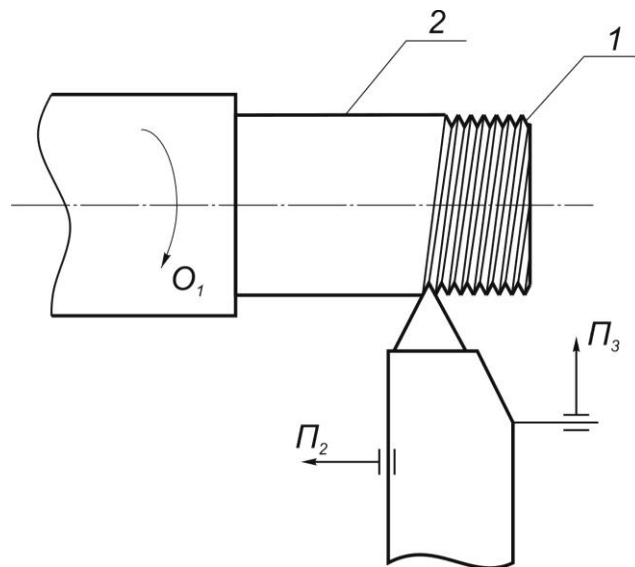
Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	копіювання	$\Phi=0$
2	напрямна	сліду	$\Phi_V(O_1\Pi_3)$
Уст. (Π_2)			

5. Розточування циліндричних поверхонь



Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_V(O_1)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_S(\Pi_2)$
Уст. (Π_3)			

6. Нарізання різі



Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	копіювання	$\Phi=0$
2	напрямна	сліду	$\Phi_S(O_1\Pi_2)$
Уст. (Π_3)			

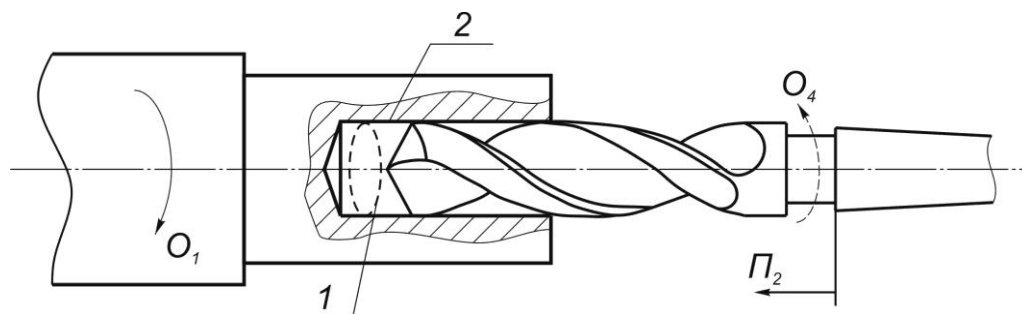
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

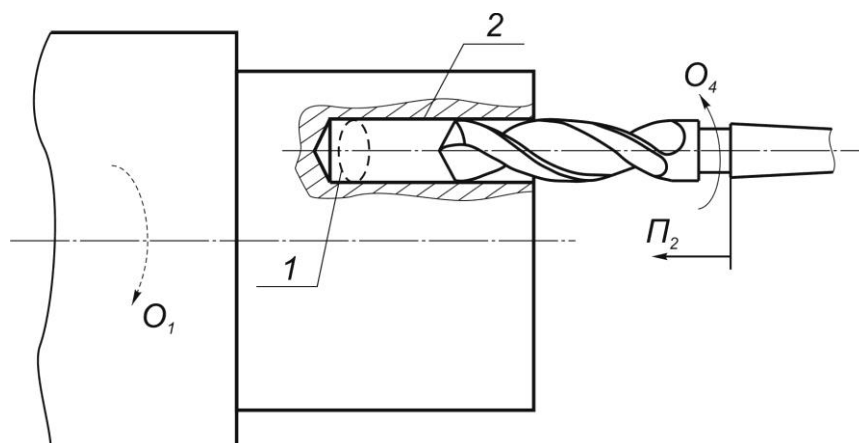
37

7. Свердління центральних отворів



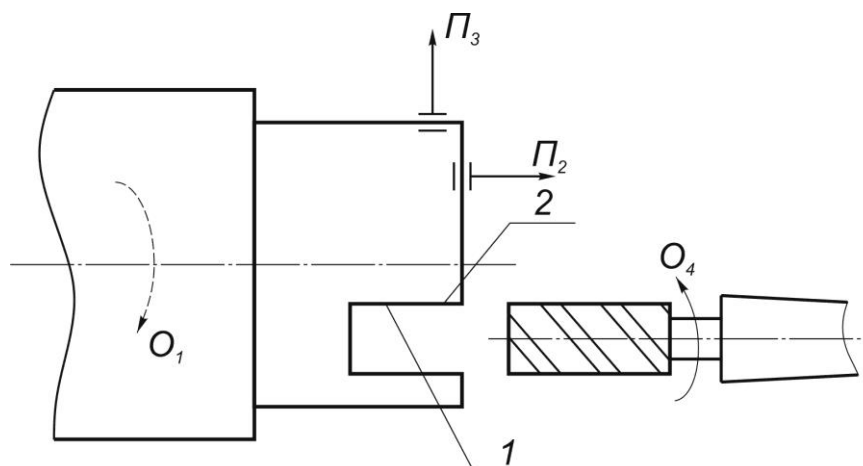
Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_V(O_1)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_S(\Pi_2)$
Уст. (O_4)			

8. Свердління позацентрових отворів



Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_V(O_4)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_S(\Pi_2)$
Уст. (O_1)			

9. Фрезерування торцевих пазів



Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

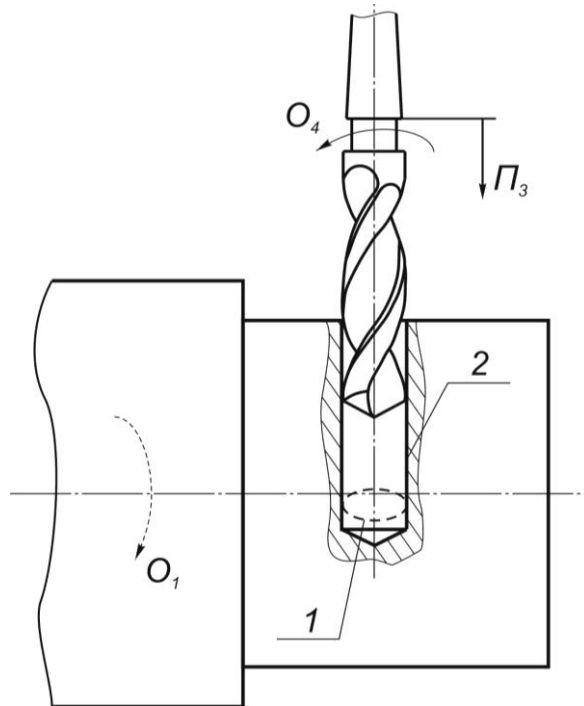
КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

38

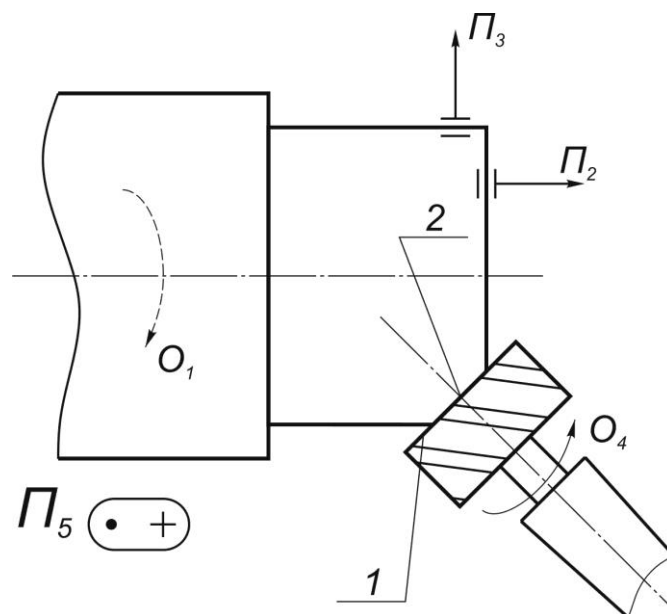
Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	копіювання	$\Phi=0$
2	напрямна	дотику	$\Phi_V(O_4)$ $\Phi_S(\Pi_2)$
Уст. (Π_3, O_1)			

10. Свердління (зенкерування, розверчування) радіальних отворів.



Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_V(O_4)$
2	напрямна	сліду	$\Phi_S(\Pi_3)$
Уст. (O_1)			

11. Фрезерування лисок



					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Поз.		Вид формоутворення	Формоутворюючі рухи
1	твірна	сліду	$\Phi_v(O_4)$
2	напрямна	дотику	$\Phi_v(O_4) \Phi_s(\Pi_5)$
Уст. (Π_2, Π_3, O_1)			

Виходячи з формоутворення поверхонь, для виконання операцій на верстаті необхідний наступний набір рухів:

$\Phi_{v1}(O_1)$ – обертання шпинделя із заготовкою;

$\Phi_{v2}(O_4)$ – обертання інструментального шпинделя;

$\Phi_{s1}(\Pi_2)$ – подача інструменту або заготовки вздовж осі шпинделя;

$\Phi_{s2}(\Pi_3)$ – поперечна подача інструменту або заготовки;

Структурно-кінематичну схему розробляємо на основі рухів формоутворення та інших виконавчих рухів [10].

Розроблена структурно-кінематична схема (рис. 3.1) включає наступні кінематичні групи:

- група головного руху;
- група поздовжньої подачі супорта;
- група поперечної подачі каретки;
- група обертання інструментального шпинделя.

Для кінематичних груп зовнішні та внутрішні кінематичні зв'язки будуть наступними.

1. Кінематична група головного руху ($\Phi_v(O_1)$).

Внутрішній кінематичний зв'язок – кінематичне з'єднання шпинделя з підшипниками.

Зовнішній кінематичний зв'язок – ланцюг головного руху

$$M_1 - 1 - i_v - 2 - C_1 - 3.$$

Умова узгодження рухів: $n_{дв1} \rightarrow n_{шп.}$

2. Кінематична група поздовжньої подачі супорта ($\Phi_{s1}(\Pi_2)$).

Внутрішній кінематичний зв'язок – кінематичне з'єднання поздовжнього супорта із напрямними станини.

Зовнішній кінематичний зв'язок – ланцюг поздовжньої подачі револьверного супорта

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

$M_2 - 5 - C_3 - 6 - 7 - \text{МПР.}$

Умова узгодження рухів: $n_{\text{дв2}} - S_{\text{позд}}, \text{ мм/хв.}$

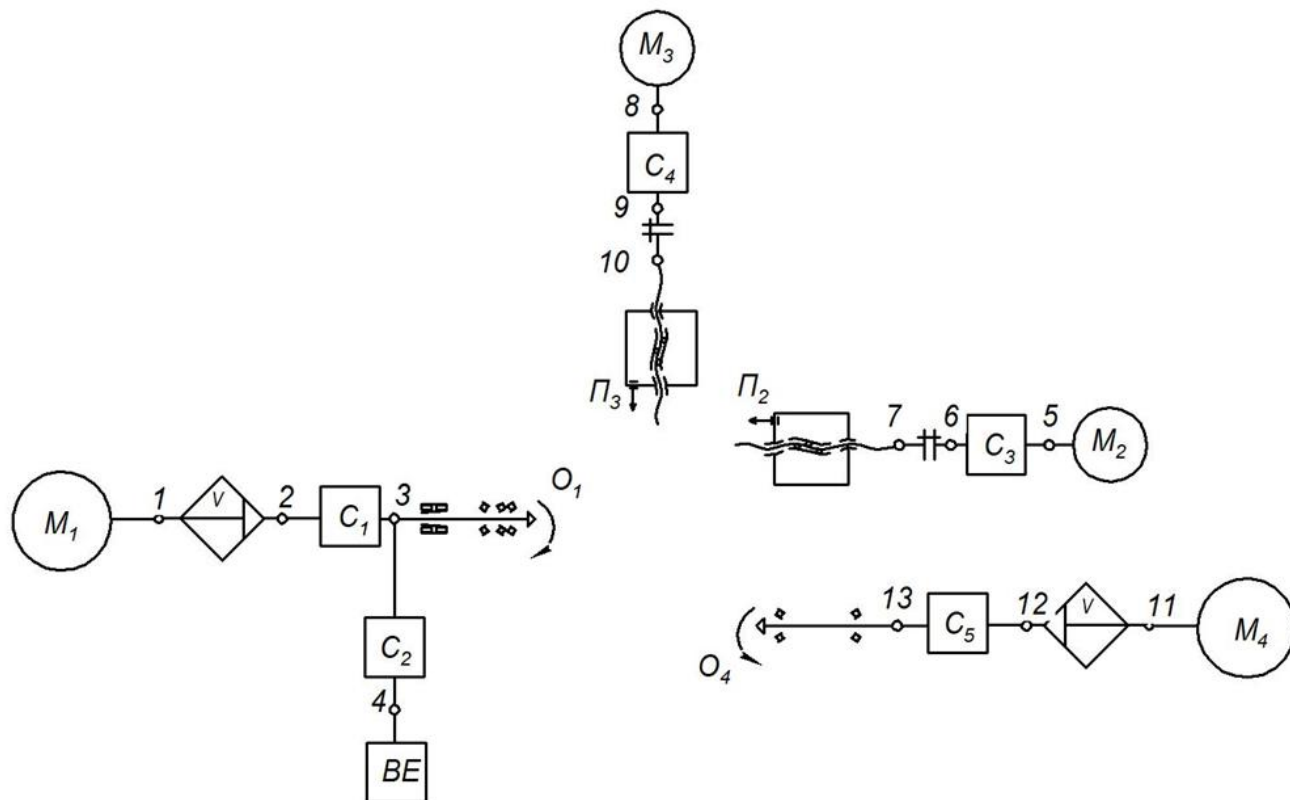


Рис. 3.1. Структурно-кінематична схема токарно-револьверного верстата

2. Кінематична група поздовжньої подачі револьверного супорта ($\Phi_{S1}(P_2)$).

Внутрішній кінематичний зв'язок – кінематичне з'єднання супорта із напрямними станини.

Зовнішній кінематичний зв'язок – ланцюг поздовжньої подачі револьверного супорта

$M_2 - 8 - C_4 - 9 - \text{МПР} - 10.$

Умова узгодження рухів: $n_{\text{дв2}} - S_{\text{позд}}, \text{ мм/хв.}$

3. Кінематична група поперечної подачі каретки ($\Phi_{S2}(P_3)$).

Внутрішній кінематичний зв'язок – кінематичне з'єднання каретки супорта із напрямними поздовжнього супорта.

Зовнішній кінематичний зв'язок – ланцюг поперечної подачі револьверного супорта

$M_3 - 8 - C_4 - 9 - 10 - \text{МПР.}$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

Умова узгодження рухів: $n_{дв3} - S_{поп}$, мм/хв.

4. Кінематична група обертання інструментального шпинделя ($\Phi_v(O_4)$).

Внутрішній кінематичний зв'язок – кінематичне з'єднання інструментального шпинделя з підшипниками.

Зовнішній кінематичний зв'язок – ланцюг головного руху

$$M_4 - 11 - i_v - 12 - C_5 - 13.$$

Умова узгодження рухів: $n_{дв4} \rightarrow n_{ін.шп}$

3.2. Розрахунок та вибір основних технічних характеристик верстату

3.2.1. Вибір розмірних характеристик верстата

Розмірні характеристики верстата визначають граничні розміри оброблюваних деталей та довжини ходів робочих органів верстата.

Для уніфікації верстатних вузлів і оснащення основні параметри верстатів регламентуються. Регламентуються також габаритні розміри оброблюваних деталей і їх оброблюваних поверхонь, розміри різального інструменту, конструкція і розміри елементів верстата, спряжених з оснащенням [11]. Для токарно-револьверного верстату багатоопераційного патронно-пруткового розмірами елементів верстата, спряжених з оснащенням, є кінець шпинделя. Приєднувальні розміри кінця шпинделя верстата показані на рис. 3.2 [2].

На основі аналізу верстатів-аналогів та приєднувальних розмірів для встановлення оснащення вибрано параметри робочої зони верстата (рис. 3.3).

3.2.2. Визначення технологічних характеристик верстата

Технологічні характеристики визначають службове призначення верстата, виконувані технологічні операції, матеріал і вид заготовок, використовуваний інструмент, послідовність і вид заготовок, використаний інструмент, послідовність і режими обробки, число одночасно оброблюваних деталей [11].

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

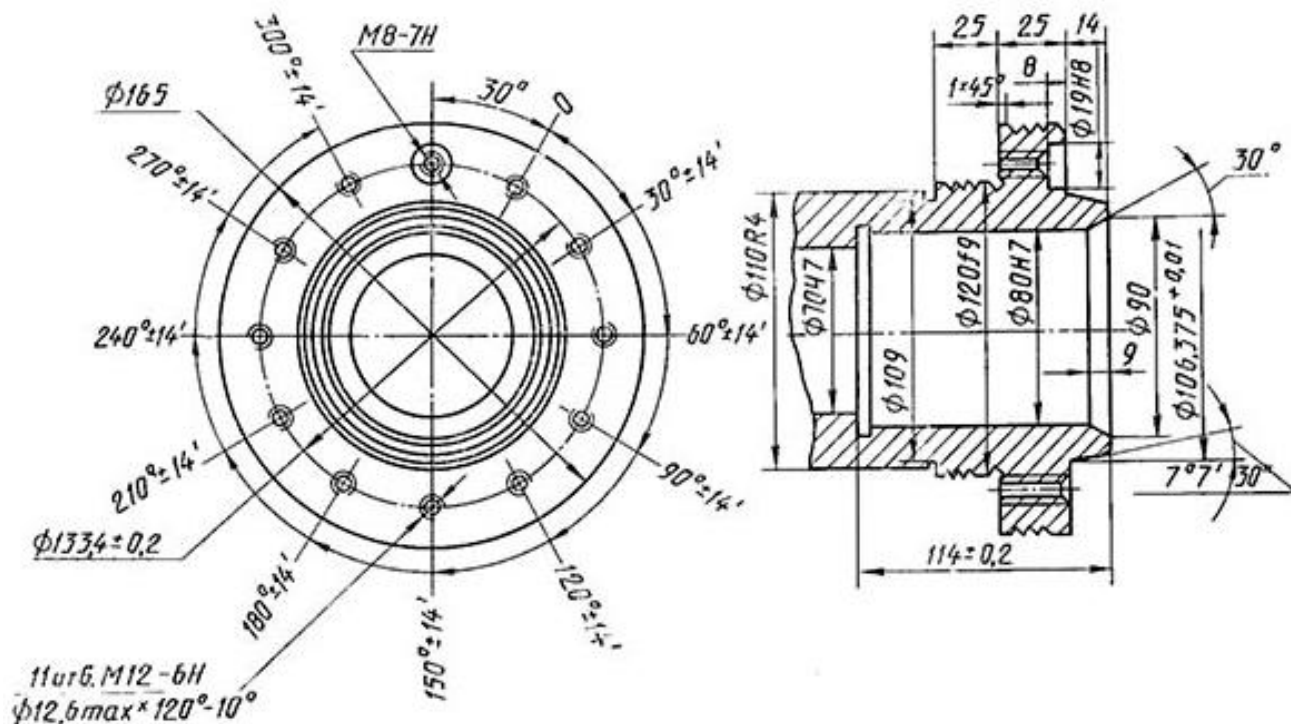


Рис. 3.2. Приєднувальні розміри шпинделя проектованого верстату

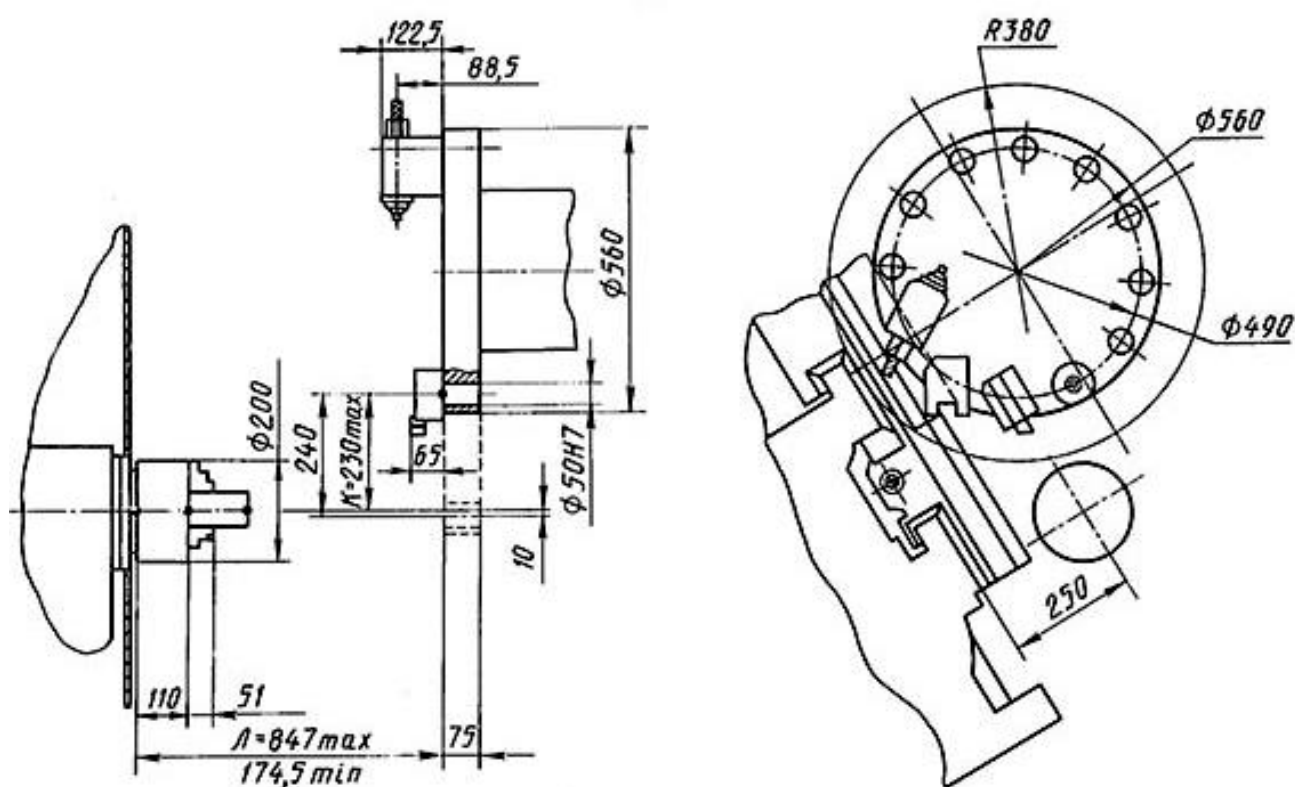


Рис. 3.3. Робоча зона верстата

Максимальний діаметр обробки для верстата даного типорозміру $D_{max} = 200$ мм. Як показали результати обстеження умов використання великої кількості

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

42

токарних верстатів в промисловості [11], діапазон оброблюваних деталей $R_d = D_{max}/D_{min} = 4$ охоплює більше 85% всіх випадків обробки. Деталі, діаметри яких знаходяться в діапазоні $R_d = 4$ найбільш економічні для обробки на верстаті даного типорозміру [11]. Тоді

$$D_{min} = 0,25D_{max} = 0,25 \cdot 200 = 50 \text{ мм}$$

Максимальна швидкість різання та мінімальна подача будуть при чистовій обробці поверхонь мінімального діаметру металорізальним інструментом із мінералокераміки деталей із кольорових матеріалів.

За [8] для чистової обробки мідних і алюмінієвих сплавів рекомендується мінералокераміка ВOK60.

При діаметрі обробки 50 мм та глибині різання до 0,15 при обробці мідних і алюмінієвих сплавів рекомендується подача $S_{0T} = 0,07$ мм/об [8].

Дійсне значення подачі на чистовій стадії обробки визначається за формулою [8]:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_y} \cdot K_{S_r} \cdot K_{S_k}, \quad (3.1)$$

де K_{S_M} – поправочний коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу;

K_{S_y} – поправочний коефіцієнт, що залежить від схеми встановлення заготовки;

K_{S_r} – поправочний коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця;

K_{S_k} – поправочний коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваної деталі.

За [8] $K_{S_M} = 1,0$; $K_{S_y} = 0,96$; $K_{S_r} = 0,85$; $K_{S_k} = 0,85$.

Тоді отримаємо:

$$S_0 = 0,07 \cdot 1,0 \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,85 = 0,04 \text{ мм/об.}$$

При глибині різання до 0,4 мм та подачі до 0,1 мм/об рекомендується швидкість різання $V_T = 577$ м/хв [8].

Дійсна швидкість різання при чистовій обробці визначиться за формулою:

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V = V_T \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\Phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{\text{ж}}}, \quad (3.2)$$

де K_{V_H} – поправочний коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу;

K_{V_C} – поправочний коефіцієнт, що залежить від групи оброблюваності матеріалу;

K_{V_O} – поправочний коефіцієнт, що залежить від виду обробки;

K_{V_J} – поправочний коефіцієнт, що залежить від жорсткості верстату;

K_{V_M} – поправочний коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

K_{V_Φ} – поправочний коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця;

K_{V_T} – поправочний коефіцієнт, що залежить від періоду стійкості різальної частини різця;

$K_{V_{\text{ж}}}$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження.

За [8] $K_{V_H} = 1,0$; $K_{V_C} = 1,5$; $K_{V_O} = 1,0$; $K_{V_J} = 1,0$; $K_{V_M} = 1,1$; $K_{V_\Phi} = 1,0$; $K_{V_T} = 1,0$; $K_{V_{\text{ж}}} = 1,0$.

Тоді швидкість різання:

$$V = 577 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 952 \text{ м/хв.}$$

Максимальна частота обертання шпинделя:

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

Підставивши у формулу (3.3) відповідні значення отримаємо:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 952}{3,14 \cdot 50} = 6000 \text{ об/хв.}$$

Мінімальна швидкість різання буде при чорновій обробці деталей максимального діаметру з максимальною глибиною різання із корозійностійких сталей з такими характеристиками: $HB \geq 200$; $\sigma_s \geq 750$ МПа.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

При глибині різання до 5 мм та подачі до 0,6 мм/об, роботі по окалині для корозійностійких сталей і сплавів рекомендується швидкість різання $V_T = 74$ м/хв [8].

За [8] $K_{V_H} = 1,0$; $K_{V_C} = 0,5$; $K_{V_O} = 1,0$; $K_{V_J} = 1,0$; $K_{V_M} = 0,5$; $K_{V_\phi} = 1,0$; $K_{V_T} = 0,8$; $K_{V_{\text{ж}}} = 1,0$.

Тоді за (3.2) отримаємо мінімальну швидкість різання:

$$V = 74 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 14,7 \text{ м/хв.}$$

Мінімальна частота обертання шпинделя:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}}. \quad (3.4)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (3.4) отримаємо:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 14,7}{3,14 \cdot 200} = 23 \text{ об/хв.}$$

Максимальна поздовжня подача буде при нарізанні метричної різьби з максимальним кроком. Максимальний крок метричної різьби в діапазоні оброблюваних діаметрів становить $p = 4,5$ мм. Отже, максимальна подача складає $S_{\max} = 4,5$ мм/об.

Максимальна поперечна подача буде при фрезеруванні площин торцевими твердосплавними фрезами поверхонь деталей із кольорових матеріалів.

При діаметрі фрези до 200 мм, числі зубів фрези до 20, глибині фрезерування до 5 мм для мідних і алюмінієвих сплавів рекомендується подача на зуб $S_{Z_T} = 0,56$ мм/зуб [8].

Дійсне значення подачі визначиться за формулою:

$$S_Z = S_{Z_T} \cdot K_{Z_M} \cdot K_{Z_H} \cdot K_{Z_y} \cdot K_{Z_\phi} \cdot K_{Z_B}, \quad (3.5)$$

де K_{Z_M} – поправочний коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу;

K_{Z_H} – поправочний коефіцієнт, що залежить від матеріалу різальної частини інструменту;

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_{Z_{\phi}}$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від головного кута в плані;

K_{Z_y} – поправочний коефіцієнт, що залежить від способу встановлення фрези;

K_{Z_B} – поправочний коефіцієнт, що залежить від фактичної ширини фрезерування.

За [8] $K_{Z_M} = 1,1$; $K_{Z_{II}} = 1,0$; $K_{Z_{\phi}} = 1,15$; $K_{Z_y} = 0,5$; $K_{Z_B} = 1,1$.

Тоді максимальна подача на зуб фрези:

$$S_Z = 0,56 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,5 \cdot 1,1 = 0,39 \text{ мм/зуб.}$$

При діаметрі фрези 80 мм і числі зубів фрези $z = 8$ подача на оберт фрези:

$$S = S_Z \cdot z = 0,39 \cdot 8 = 3,1 \text{ мм/об.}$$

Отже, максимальна поперечна подача $S_{max} = 3,1 \text{ мм/об.}$

3.2.3. Кінематичні характеристики верстата

Кінематичні характеристики верстата включають границі частот обертання головного та інструментального шпинделя, величини робочих подач кареток револьверних супортів, величини швидкостей холостих ходів кареток револьверних супортів [11].

Діапазон регулювання частоти обертання шпинделя:

$$D_r = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{6000}{20} = 300.$$

Діапазон регулювання поздовжніх подач револьверних супортів:

$$D_r^{noz\partial} = \frac{S_{maxnoz\partial}}{S_{minnoz\partial}} = \frac{4,5}{0,05} = 90.$$

Діапазон регулювання поперечних подач револьверних супортів:

$$D_r^{non} = \frac{S_{maxnon}}{S_{minnon}} = \frac{3}{0,05} = 60.$$

Основні кінематичні характеристики верстата подані у табл. 3.1.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

Таблиця 3.1. Основні кінематичні характеристики верстата

Привід	Назва кінематичної характеристики	Позначення, розмірність	Значення характеристики
Головного руху	Максимальна частота обертання	n_{max} , хв ⁻¹	6000
	Мінімальна частота обертання	n_{min} , хв ⁻¹	20
Привід поздовжньої подачі супорта	Максимальна поздовжня подача	$S_{max_{позд}}$, мм/об	4,5
	Мінімальна поздовжня подача	$S_{min_{позд}}$, мм/об	0,05
	Швидкість швидких поздовжніх переміщень	$V_{позд}$, м/хв	15
Привід поперечної подачі супорта	Максимальна поперечна подача	$S_{max_{поп}}$, мм/об	3
	Мінімальна поперечна подача	$S_{min_{поп}}$, мм/об	0,05
	Швидкість швидких поперечних переміщень	$V_{поп}$, м/хв	110
Привід інструментального шпинделя	Максимальна частота обертання	n_{max} , хв ⁻¹	2500
	Мінімальна частота обертання	n_{min} , хв ⁻¹	20

3.2.4. Визначення силових характеристик

Силові характеристики верстата визначають найбільші величини сил, крутних моментів і потужності, що допускаються при усталеному процесі різання (не міняються в часі) [11].

Максимальний крутний момент на шпинделі токарного верстата з ЧПК ЭНИМС рекомендує визначати за наступною залежністю [11]:

$$M_{ин. max} = C_1 C_2 D_{max}, \quad (3.6)$$

де C_1 – значення тангенціальної складової сили різання, що допускається різцем, Н;

C_2 – коефіцієнт, що враховує тип з'єднання вала привідного двигуна або

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

коробки передач із шпинделем;

D_{max} – найбільший діаметр обробки деталі, м.

При обробці на верстаті використовуються різці з механічним кріпленням пластин із твердого сплаву. При цьому основне навантаження в процесі різання передається на гвинт кріплення пластини із твердого сплаву, який є слабкою ланкою і працює на розтяг під дією реактивної розтягуючої сили.

Максимально допустима тангенціальна складова сили різання для таких різців [11] визначиться за залежністю:

$$C_1 = 0,7 \cdot Q, \quad (3.7)$$

де Q – розтягуюча реактивна сила, Н.

Сила Q згідно [11] визначається за залежністю:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot [\sigma], \quad (3.8)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження гвинта на розтяг;

D – внутрішній діаметр гвинта.

Для гвинта із сталі 35 з головкою, загартованою до твердості 37-41 HRC, $[\sigma] = 180$ МПа. Для різців з розмірами державки 25X25 мм використовуються гвинти М5 з $D = 4$ мм.

Тоді за (3.8) отримаємо:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 180 = 2300 \text{ Н.}$$

Максимально допустима тангенціальна складова сили різання:

$$C_1 = 0,7 \cdot 2300 = 1600 \text{ Н.}$$

За (3.6) максимальний крутний момент на шпинделі верстата:

$$M_{un.max} = 1600 \cdot 1 \cdot 0,2 = 320 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

3.3. Проектування приводу поздовжньої подачі revolverного супорта

3.3.1. Вибір типу та структури приводу та вихідних даних для розрахунку

В сучасних токарних верстатах з ЧПК основним типом приводу подач є замкнутий. Такий привід складається з механічної частини (рис. 4.4), що містить виконавчий орган, механізм перетворення обертового руху в поступальний, перетворювальні передачі, вимірної частини, що являє собою датчик контролю положення виконавчого органу, привідного двигуна та модуля регулювання привідного двигуна [12].

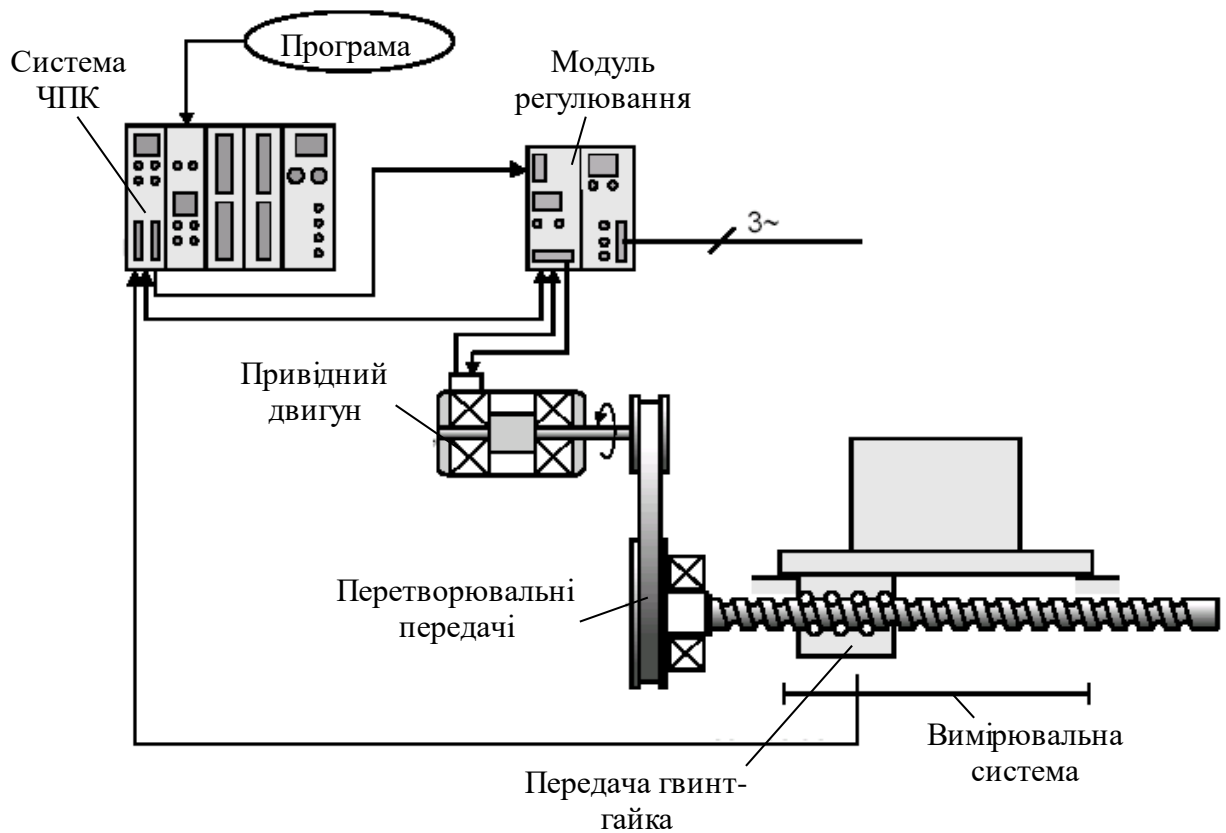


Рис.3.4. Типова структура приводу подач замкнутого типу

Привід складається із високомоментного двигуна, зубчасто-пасової передачі та передачі гвинт-гайка кочення і має замкнену систему керування. Для сприйняття навантаження в обох напрямках ходовий гвинт закріплений в одній опорі, що являє собою роликовий комбінований підшипник типу 504000.

Параметри передачі гвинт-гайка кочення: загальна довжина $L_b=715$ мм,

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

відстань між вільним кінцем гвинта і торцем опори $l=490$ мм; Максимальна віддаль між опорою гвинта і гайкою $l_{max}=310$ мм; число витків, що працюють в гайці $i_T=3$ шт.; твердість поверхонь контакту доріжок кочення гвинта і гайки та кульок $HRC\ 60$; допустимі контактні напруження $[\sigma_k]=2500$ МПа.

Супортна група має масу $m=530$ кг. Швидкість швидких переміщень та прискорення при розгоні приймаємо такими самими, як у верстата-аналога: $V_{x.x}=15$ м/хв; $a=1,5$ м/с².

В якості розрахункового циклу роботи приводу подач прийнято узагальнений цикл роботи, значення параметрів якого визначені із карти налагодження верстата на обробку деталі.

Значення параметрів узагальненого циклу роботи приводу подач, необхідні для розрахунку приводу приведені у додатку 1.

3.3.2. Розрахунок механічної частини приводу

3.3.2.1. Визначення діаметра ходового гвинта, кроку різі та осьової жорсткості

Виходячи із відношення довжини гвинта до його діаметра, яке приймаємо $\frac{L_b}{d_0}=16$, згідно рекомендацій [13] можна визначити діаметр гвинта за залежністю:

$$d_0 = \frac{L_b}{16} = \frac{715}{16} = 44 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартні значення діаметра гвинта, кроку гвинта та діаметра кульки: $d_0 = 50$ мм; $t_b = 10$ мм; $d_k = 6$ мм.

Згідно [13] при прийнятому значенні діаметра опорної шийки гвинта $d_n = 0,7 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 50 = 35$ мм сумарна жорсткість приводу подачі револьверного супорта буде рівна $j_\Sigma = 160$ Н/мкм.

Задовільні динамічні показники роботи забезпечує мінімально допустиме значення жорсткості, що визначається за залежністю [13, 14]:

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$j_{\Sigma_{min}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f_0^2 \cdot m}{10^6}, \quad (3.9)$$

де f_0 – власна частота коливань механічної частини;

m – маса переміщуваного вузла.

За [13] власна частота коливань механічної частини слідкуючого приводу з тиристорним перетворювачем і електродвигуном постійного струму $f_0 = 70 - 80$ Гц.

Підставивши значення у (3.9) отримаємо:

$$j_{\Sigma_{min}} = \frac{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 70^2 \cdot 530}{10^6} = 102 \text{ Н/мкм.}$$

Отже, $j_{\Sigma} = 160 \text{ Н/мкм} > j_{\Sigma_{min}} = 102 \text{ Н/мкм.}$

3.3.2.2. Розрахунок ходового гвинта на поздовжню стійкість та вібростійкість

Критичне навантаження на гвинт визначається за формулою [13, 14]:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_0}{(\mu l)^2 \cdot K}, \quad (3.10)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу гвинта;

I_0 – осьовий момент інерції перерізу гвинта, мм⁴;

μl – приведена довжина гвинта, мм;

K – коефіцієнт запасу стійкості.

Для схеми із одноопорним гвинтом $\mu = 2$ [13]. Приймаємо $K = 3$.

Осьовий момент інерції гвинта:

$$I_0 \approx 0,05 \cdot d_{\text{гн}}^4 = 0,05 \cdot (50 - 6)^4 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ мм}^4.$$

Тоді за (3.10) отримаємо:

$$P_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^5}{(2 \cdot 490)^2 \cdot 3} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

Критична осьова сила набагато більша осьового навантаження на гвинт, тобто: $P_{кр} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Н} \gg F_{ос} = 2430 \text{ Н}$.

Втрата стійкості внаслідок появи резонансу при великих частотах обертання гвинта може бути за умов, коли частота власних коливань співпадає з критичною частотою обертання гвинта $n_{кр}$.

Критична частота обертання визначається за залежністю [13, 14]:

$$n_{кр} = \xi \cdot \frac{30}{\pi} \cdot \frac{d_{вн}}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{\gamma}}, \quad (3.11)$$

де ξ – коефіцієнт, що залежить від способу закріплення гвинта;

$d_{вн}$ – внутрішній діаметр гвинта;

$g = 9,81 \cdot 10^3 \text{ мм/с}^2$;

$\gamma = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н/мм}^3$ – питома вага матеріалу гвинта.

Для одноопорного гвинта рекомендується $\xi = 0,88$ [13, 14].

Підставивши у (3.11) відповідні значення отримаємо:

$$n_{кр} = 0,88 \cdot \frac{30}{3,14} \cdot \frac{44}{490^2} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \cdot 10^3}{7,8 \cdot 10^{-5}}} = 7918 \text{ об/хв.}$$

При русі супорта із швидкістю швидких ходів максимальна частота обертання ходового гвинта:

$$n_{b_{max}} = \frac{V_{x.x.}}{t_b} = \frac{15 \cdot 1000}{10} = 1500 \text{ об/хв}$$

Так як $n_{b_{max}} \ll n_{кр}$ то небезпека виникнення резонансу в приводі поздовжніх подач відсутня.

3.3.2.3. Статична міцність та довговічність передачі гвинт-гайка кочення

Допустиме осьове статичне навантаження [13, 14]:

$$[F_{cm}] = 10 \cdot z \cdot d_{ш}^2, \quad (3.12)$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

де z – число робочих кульок;

$d_{ш}$ – діаметр кульки.

Число робочих кульок [13, 14]:

$$z = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot i_{\Gamma}}{d_{ш}}, \quad (3.13)$$

де i_{Γ} – число робочих витків гайки.

Підставивши значення у (3.13) отримаємо:

$$z = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 3}{6} \approx 78.$$

Тоді $[F_{cm}] = 10 \cdot 78 \cdot 6^2 = 2,8 \cdot 10^4$ Н.

Отже, можна зробити висновок, що максимальне значення діючого в приводі поздовжніх подач револьверного супорта осьове статичне навантаження не перевищує гранично допустиме значення.

Коефіцієнт довговічності [13, 14]:

$$K_1 = K_Q \sqrt[3]{\frac{60 \cdot T \cdot n_{ек} \cdot c_i}{10^7}}, \quad (3.14)$$

де K_Q – коефіцієнт змінності навантаження, який при наявності попереднього натягу рівний 0,9;

T – потрібний термін служби передачі;

$n_{ек}$ – еквівалентна частота обертання гвинта;

c_i – число циклів навантаження на один оберт гвинта (приблизно рівне половині числа кульок в одному витку).

Число циклів навантаження на один оберт гвинта [13, 14]:

$$c_i = \frac{\pi \cdot d_0}{d_{ш} \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot 50}{6 \cdot 2} = 13.$$

Еквівалентна частота обертання [13, 14]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^q n_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^q t_i}, \quad (3.15)$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де n_i – частота обертання гвинта на протязі часу t_i на відповідному етапі руху револьверного супорта;

q – число етапів руху.

Частота обертання при різних режимах роботи:

$$n_b = \frac{V_c}{t_b}, \quad (3.16)$$

де V_c – швидкість руху супорта;

t_b – крок ходового гвинта.

Частота обертання гвинта:

- при обточуванні

$$n_{b1} = \frac{120}{10} = 12 \text{ об/хв};$$

- при проточуванні канавок

$$n_{b2} = \frac{100}{10} = 10 \text{ об/хв};$$

- при швидких ходах – $n_{\text{б.х.}} = 1500 \text{ об/хв.}$

Для різних етапів роботи приводу визначимо значення сум $\sum n_i t_i$.

Етапи розгону і гальмування (12 етапів):

$$\sum n_i t_i = 750 \cdot \frac{0,17}{60} \cdot 12 = 25,5 \text{ об.}$$

Етапи швидких ходів (6 етапів):

$$\sum n_i t_i = 1500 \cdot \frac{0,8 + 0,96 + 0,96 + 0,96 + 0,85 + 0,85}{60} = 134,5 \text{ об.}$$

Етапи робочих подач (2 етапи):

$$\sum n_i t_i = 12 \cdot \frac{20}{60} + 10 \cdot \frac{4,3}{60} = 4,7 \text{ об.}$$

Сумарний час етапів руху:

$$\Sigma t_i = \frac{0,17 \cdot 12 + 5,38 + 20 + 4,3}{60} = 0,53 \text{ хв.}$$

Еквівалентна частота обертання за (3.15):

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

$$n_{ек} = \frac{25,5 + 134,5 + 4,7}{0,53} = 310 \text{ об.}$$

Коефіцієнт довговічності за (3.14):

$$K_1 = 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 310 \cdot 13}{10^7}} = 5,8$$

Оскільки $K_1 > 1$, то потрібно $[F_{cm}]$ зменшити в 5,8 раз і нове значення $[F_{cm}^1]$ порівняти, як і раніше, з максимальним осьовим навантаженням $F_{осmax} = 2430 \text{ Н.}$

$$[F_{cm}^1] = \frac{[F_{cm}]}{K_1} = \frac{2,8 \cdot 10^4}{5,8} = 4827 \text{ Н} > F_{max} = 2430 \text{ Н.}$$

Отже, задовільну роботу по довговічності (втомній міцності) забезпечують вибрані значення параметрів передачі гвинт-гайка кочення.

3.3.3. Вибір електродвигуна приводу поздовжніх подач супорта

3.3.3.1. Визначення моментів опору від сил різання та сил тертя, приведених до валу двигуна

Момент від сил різання на валу високомоментного двигуна визначається за залежністю [13, 14]:

$$M_p = \frac{F_p \cdot t_b}{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot u}, \quad (3.17)$$

де η – ККД приводу подачі;

u – передавальне число пасової передачі.

Передавальне число зубчасто-пасової передачі:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{37}{20} = 1,85.$$

ККД гвинтової пари $\eta_1 = 0,9$ та ККД пасової передачі $\eta_2 = 0,9$ визначають ККД приводу поздовжньої подачі супорта:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81.$$

Тоді за залежністю (3.17) момент від сил різання буде рівний:

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

$$M_p = \frac{2430 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,81 \cdot 1,85} = 3,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент від сил тертя визначиться за залежністю:

$$M_{TH} = \frac{F_{TH} \cdot t_b}{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot u}, \quad (3.18)$$

Підставивши значення у (4.18) отримаємо:

$$M_p = \frac{300 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,81 \cdot 1,85} = 0,32 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент від сил тертя в передачі гвинт-гайка кочення [13, 14]:

$$M_{TB} = 0,032 \cdot \frac{F_p \cdot t_b}{3 \cdot \eta_2 \cdot u}, \quad (3.19)$$

Підставивши значення у (3.19) отримаємо:

$$M_{TB} = 0,032 \cdot \frac{2430 \cdot 0,01}{3 \cdot 0,9 \cdot 1,85} = 0,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент від сил тертя в підшипнику і ущільненнях згідно [13, 14]:

$$M_{ТП} = \frac{3 \dots 5}{\eta_2 \cdot u} = \frac{3 \dots 5}{0,9 \cdot 1,85} = 1,8 \dots 3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Загальний момент від сил тертя, приведений до валу двигуна:

$$M_T = M_{TH} + M_{TB} + M_{ТП} = 0,32 + 0,16 + 3 = 3,48 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найбільший статичний момент опору:

$$M_{CT \max} = M_p + M_T = 3,5 + 3,48 = 6,98 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3.3.3.2. Попередній вибір високомоментного електродвигуна

Високомоментний електродвигун вибираємо по величині найбільшого статичного моменту $M_{CT \max} = 6,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$. При цьому повинні забезпечуватись найбільша частота обертання в режимах робочих подач та режимах швидких переміщень.

Згідно технічних даних вибираємо високомоментний двигун моделі PF4-K-7714. Він оснащений тахогенератором і гальмом та має наступні характеристики:

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

- номінальний момент $M_H = 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$;
- номінальна частота обертання $n_H = 1500 \text{ об/хв}$;
- максимальна частота обертання $n_{\max} = 3000 \text{ об/хв}$.

3.3.3.3. Визначення моменту опору, що переборює електродвигун при розгоні

Момент інерції, приведений до валу електродвигуна [13, 14]:

$$J = J_n + J_{\epsilon} + J_p + J_{\partial}, \quad (3.20)$$

де J_n – момент інерції супорта вузла, приведений до валу двигуна;

J_{ϵ} – момент інерції ходового гвинта, приведений до валу двигуна;

J_p – момент інерції шківів зубчато-пасової передачі приведений до валу двигуна;

J_{∂} – момент інерції якоря двигуна.

Момент інерції супорта із кареткою та револьверною головкою, приведений до валу двигуна [13, 14]:

$$J_n = \frac{m \cdot t_b^2}{u^2 \cdot 4 \cdot \pi^2}. \quad (3.21)$$

Підставивши значення у (3.21) отримаємо:

$$J_n = \frac{530 \cdot (0,01)^2}{(1,85)^2 \cdot 4 \cdot (3,14)^2} = 0,0004 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведений до валу двигуна момент інерції ходового гвинта [13, 14]:

$$J_{\epsilon} = \frac{\pi \cdot d_0^4 \cdot L_b \cdot \rho}{32 \cdot u^2}, \quad (3.22)$$

де L_b – загальна довжина ходового гвинта;

ρ – густина матеріалу ходового гвинта.

Підставивши значення у (3.22) отримаємо:

$$J_{\epsilon} = \frac{3,14 \cdot (0,05)^4 \cdot 0,715 \cdot 7,8 \cdot 10^3}{32 \cdot (1,85)^2} = 0,001 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Момент інерції якоря електродвигуна $J_{\partial} = 0,0142 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Момент інерції шківів зубчато-пасової передачі, приведений до вала двигуна [13, 14]:

$$J_p = \frac{\pi \cdot d_1^4 \cdot b_1 \cdot \rho}{32} + \frac{\pi \cdot d_2^4 \cdot b_2 \cdot \rho}{32 \cdot u^2}, \quad (3.23)$$

де d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого зубчатих шківів;

b_1, b_2 – ширина ведучого і веденого зубчатих шківів.

Підставивши значення у залежність (3.23) отримаємо:

$$J_p = \frac{3,14 \cdot (0,08)^4 \cdot 0,055 \cdot 7,8 \cdot 10^3}{32} + \frac{3,14 \cdot (0,148)^4 \cdot 0,055 \cdot 7,8 \cdot 10^3}{32 \cdot (1,85)^2} = 0,0076.$$

Приведений до валу електродвигуна момент інерції:

$$J = 0,0004 + 0,001 + 0,0076 + 0,0142 = 0,0232 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

При зміні швидкості руху в період розгону по лінійному закону кутове прискорення [13, 14]:

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot n_{б.х.}}{30 \cdot t_p \cdot \eta}, \quad (3.24)$$

Підставивши значення у (3.24) отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{3,14 \cdot 1500}{30 \cdot 0,017 \cdot 0,81} = 1140 \text{ об/хв.}$$

Динамічний момент, потрібний для переборення інерції рухомих мас [13, 14]:

$$M_D = J \cdot \varepsilon. \quad (3.25)$$

Підставивши значення у (3.25) отримаємо:

$$M_D = 0,0232 \cdot 1140 = 26,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Момент інерції від сил тертя при швидких ходах: $M_{TB} = M_T = 3,47 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Момент, який переборює електродвигун при розгоні:

$$M_{ДТ} = M_D + M_{TB} = 26,5 + 3,47 = 29,97 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

3.3.3.4. Перевірка вибраного електродвигуна по середньому динамічному моменту

По кривій допустимих моментів в перехідному процесі визначаємо величину середнього динамічного моменту $M_{срД}$ [13, 14]:

$$M_{срД} = \frac{1}{n_{\delta x}} \int_0^{n_{\delta x}} M(n) dn = \frac{S}{n_{\delta x}}, \quad (3.26)$$

де S – площа, обмежена між відповідною кривою допустимих моментів і відрізками осей координат довжиною: по осі частот обертання – від 0 до значення $n_{\delta x}$; по осі моментів – від 0 до точки перетину кривої з віссю моментів [13, 14].

Знайшовши площу S за залежністю (3.26) отримаємо:

$$M_{срД} = \frac{6,3 \cdot 10^4}{1500} = 42 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{дТ} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отже, вибраний високомоментний електродвигун забезпечує режими розгону і гальмування із заданим прискоренням.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Характеристика токарно-револьверного багатоперіодного верстату з ЧПК з точки зору охорони праці

Для забезпечення безпечної роботи верстата повинні бути передбачені наступні технічні засоби: захисні огорожі; запобіжні та блокуючі пристрої; засоби сигналізації та індикації.

Для закриття травмонебезпечних зон на верстаті повинні бути передбачені захисні огорожі. В першу чергу це огорожа, виконана у вигляді захисного екрану, яка захищає оператора від стружки, змащувально-охолоджувальних рідин та уламків зруйнованого інструменту або викиду заготовки із затискового патрона. Крім цього повинні бути передбачені огорожі, виконані у вигляді захисних щитків пасових передач приводу револьверних супортів та щитків електрошкаф.

Блокувальні пристрої повинні забезпечити блокування огороження електрошкаф, переміщень револьверних супортів в зони обмеження та аварійні зони. Крім того повинно передбачатись неможливість включення електродвигуна при відсутності тиску в системах гідроприводу верстата та централізований системі змащення. Також повинна передбачатись аварійна зупинка верстата при падінні тиску в гідросистемі, неможливість розтиску заготовки при шпинделі, що обертається та неможливість запуску шпинделя при розтиснутому патроні, а також автоматичне відключення верстата від мережі при відкриванні дверей електрошкаф і зупинку верстата при закінченні прутка.

Повинне бути також передбачене заземлення всіх струмопровідних частин: електрошкаф, пульта, пристрою ЧПК, станції гідроприводу, електродвигунів і панелей, станції охолодження електрошпинделя.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Деркач В.Б.				БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Лім.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Окіпний І.Б.					Н	60	7
						ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41		
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							

Засоби сигналізації та індикації передбачені на верстаті для сповіщення обслуговуючого персоналу про подачу напруги на верстат, його пуск, несправності відповідальних вузлів та порушення режимів роботи, виникнення аварійних ситуацій. Засоби індикації повинні бути виконані у вигляді світлодіодів, що винесені на пульт оператора. На верстаті передбачаються наступні типи сигналізації: сигналізація про включення верстата в мережу; сигналізація включення гідравліки; сигналізація включення головного приводу та приводів подач; сигналізація обмежень переміщень по координатах; сигналізація про вихідні положення супортів; сигналізація про перевантаження приводів подач та приводу головного руху.

На верстаті передбачається пристрій для забезпечення автоматичної подачі пруткового матеріалу, зміни інструменту, лотки для відрізаних із прутка деталей, автоматична система затиску заготовки та контролю розмірів за допомогою вимірювальної головки із щупом контакту.

4.2. Вимоги до робочого місця оператора токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК

Параметри мікроклімату. Роботи по обслуговуванню багатоцільового верстата можна віднести до категорії II-б, так як оператору приходить періодично здійснювати огляд і контроль роботи верстата. Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря встановлюється згідно ГОСТ12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги». Для категорії робіт II-б встановлені значення допустимих норм температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень в холодний і перехідний періоди року (нижче +10°):

- температура повітря – 15-21 °С;
- відносна вологість повітря – не більше 75%;
- швидкість руху повітря – не більше 0,4 м/с;
- температура повітря поза постійними робочими місцями – 13-24 °С.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

Для теплого періоду року встановлені значення допустимих норм наступні:

- температура повітря в приміщеннях – 24-28 °С;
- відносна вологість повітря при 27 °С – не більше 60%;

В холодну пору року приміщення обігріваються радіаторами внаслідок конвективного теплообміну для дотримання температури. В теплу пору року при підвищенні температури використовуються вентилятори. В робочій зоні повинні знаходитися прилади, які визначають вологість повітря і з якими система керування верстатом регулює режим роботи.

Виробниче освітлення. Під час роботи на технологічному обладнанні передбачений короткочасний контроль вимірювальних і контрольних приладів з мінімальною роздільною здатністю 0,15 мм (шкали стрілкових індикаторів).

Для даного технологічного обладнання характеристика зорової роботи буде наступна:

- розряд роботи – 1;
- підрозряд – В;
- контраст об'єкта розрізнення з фоном – великий;
- характеристика фону – світла.

При цьому освітленість повинна бути всього 2000 лк, а коефіцієнт пульсації не більше 20...10%.

Потрібний стан освітленості забезпечується електричними джерелами світла – газорозрядними лампами, системою комбінованого освітлення. Для місцевого освітлення використовуються світильники, встановлені на верстаті і відрегульовані так, щоб освітленість робочої зони була не нижче встановлених значень. Світильники, що використовуються для місцевого освітлення, повинні бути обладнані світлонепроникними відбивачами із захисним кутом не менше 30°.

Характеристика виробничого шуму. Допустимий рівень шуму на робочому місці регламентується ГОСТ12.1.003-83 «Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки». В даному випадку шуми є широко частотними і постійними.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

Допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку на робочих місцях для широкополосного постійного шуму, що вимірюється в децибелах, приведені в табл.5.1 [15].

Таблиця 4.1 – Допустимі рівні звукового тиску і рівня звуку на робочих місцях

Рівні звукового тиску, Дб, в октавних полосах із середньо геометричними частотами									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, Дб
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	
									80

Шуми у верстаті виникають при роботі двигунів, перемиканні різних механізмів, роботі передач і т.д. Прийняті наступні заходи у верстаті для зниження шумів:

- привід головного руху виконаний простим і малошумним, який складається із регульованого двигуна постійного струму, пасових передач і шпіндельного вузла;
- приводи подач малошумні і включають високомоментні двигуни, зубчато-пасові передачі та передачі гвин-гайка кочення;

Пожежна безпека. Дільниця обробки металів різанням, де встановлюється верстат, повинна бути обладнана засобами пожежної сигналізації, автоматичною системою пожежегасіння, засобами пожежегасіння. Пройоми в стінах дільниці обробки металів різанням повинні бути обладнані пристроями і обладнанням, що виключають сквозняки (автоматичні двері, засувки, шторки). При обробці легкозаймистих матеріалів (сплави магнію, цирконію, титану) необхідно використовувати спеціальні ЗОР, збільшену подачу цих рідин, спеціальний інструмент, що забезпечує низький коефіцієнт тертя, понижені режими різання.

Електробезпека. Безпечна робота електрообладнання багатоцільового верстату регламентується: ГОСТ12.1.019-79 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги»; ГОСТ12.1.030-81 «Система стандартів безпеки

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

праці. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення»; ГОСТ12.1.038-82 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруг дотику і струмів».

Всі вузли верстату повинні бути з'єднані з контуром заземлення цеху. Опір між болтом заземлення і будь-якою частиною верстата не повинна перевищувати 0,1 Ом. На даному верстаті повинна бути встановлена система блокувань, які не допускають роботу верстата при відкритих дверях шаф електрообладнання. Шафа з електрообладнанням повинна бути оснащена спеціальним замком. На дверях електрошафи повинні бути поміщені попереджувальні знаки небезпечної електричної напруги. Доступ до електрообладнання для даного верстата дозволений тільки спеціалістам-електротехнікам. Всі з'єднувальні силові кабелі приводів верстата захищені спеціальними кожухами. Поряд із системою аварійного виключення на верстаті встановлена система аварійного виключення, оснащена червоною кнопкою збільшеного розміру.

Травмобезпека. Небезпеку для оператора верстату можуть спричиняти:

- затискні пристрої;
- заготовка та інструмент, що обертається;
- рухомі вузли верстата;
- стружка;
- змащувально-охолоджувальна рідина.

Вимоги травмобезпеки регламентовані ГОСТ12.3.025-80 «Система стандартів безпеки праці. Обробка металів різанням. Вимоги безпеки».

На даному верстаті прийняті наступні заходи, які забезпечують травмобезпеку оператора:

- виключення присутності людини в робочій зоні в момент роботи верстата;
- робоча зона огорожена захисними дверима із вікном огляду із спеціального скла;
- при відкриванні однієї із дверей верстат автоматично відключається;
- весь верстат закритий захисним кожухом, і таким чином оператор захищений від рухомих вузлів верстата; при знятті захисного кожуха

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		64

верстат автоматично виключається;

- візуальний контроль за процесом обробки здійснюється через прозорий захисний екран дверях захисного кожуха верстата;
- дизайн верстата виключає наявність гострих кромek на зовнішній стороні поверхні верстата.

Ергономічні вимоги. Згідно ГОСТ12.2.049-80 «Система стандартів безпеки праці. Обладнання виробниче. Загальні ергономічні вимоги» для операторів, що приймають участь в технологічному процесі обробки металів різанням, повинно бути передбачене зручне робоче місце. Керування даним верстатом здійснюється через пульт керування. Пульт керування відповідає всім вимогам дизайну.

4.3. Організація робочого місця

Основним елементом виробничої структури підприємства є робоче місце, від правильності організації якого суттєво залежить ефективність та безпека кожної технологічної операції та виробничого процесу в цілому. Тому важливо, щоб організація та стан робочих місць забезпечували зручні та безпечні дії з матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, а також технічне обслуговування та ремонт верстату. Організація робочого місця, його розміри та взаємне розташування органів керування та відображення інформації повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним особливостям людини, а також характеру виконуваної роботи. На робочих місцях повинна бути передбачена площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи, пристрої для зберігання на накопичення оснащення, матеріалів, заготовок, напівфабрикатів готових деталей та відходів виробництва.

Планування робочого місця оператора токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК верстату показано на рис. 4.1.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

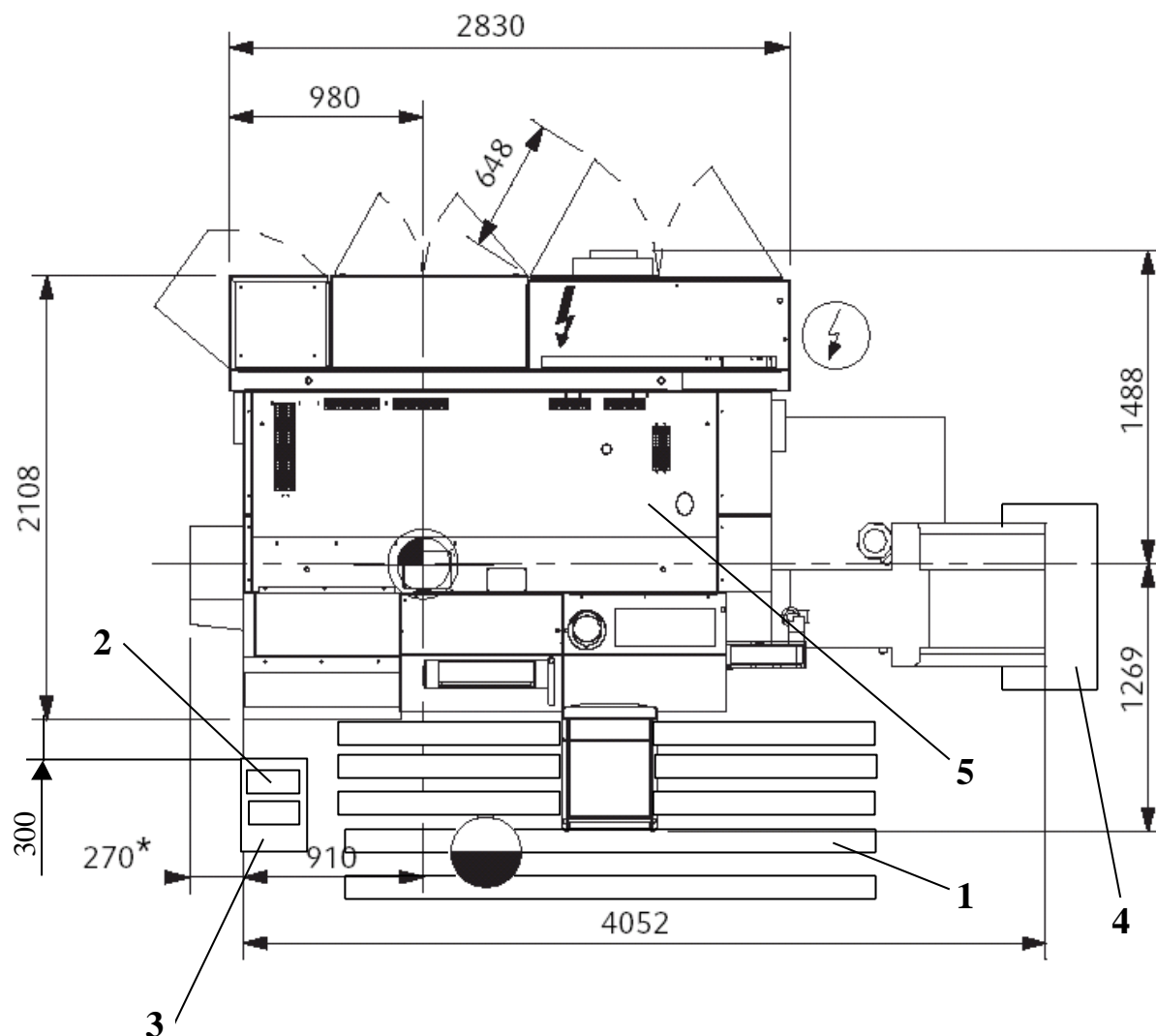


Рис. 4.1. Планування робочого місця оператора токарно-револьверного багатоопераційного верстату з ЧПК:

- 1 – решітка для ніг; 2 – тара з оброблюваними деталями та заготовками;
 3 – прийомний стіл; 4 – тара для стружки; 5 – токарний двосупортний верстат з ЧПК

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ

Арк.

66

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі, вибрано методу виготовлення заготовки – гаряче штампування у відкритих штампах.

2. Приведено призначення і конструктивні особливості основних вузлів і механізмів верстату та проведено аналіз конструкції верстатів аналогічного призначення.

3. Здійснено синтез маршрутного технологічного процесу обробки деталі. Вибрано різальний, допоміжний та контрольно-вимірювальний інструмент для всіх операцій технологічного процесу.

4. Розроблено операційну технологію обробки деталі. Проведено розрахунок режимів різання та часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі.

5. Розроблено карту налагодження токарно-револьверного верстата багатоопераційного патронно-пруткового на обробку деталі.

6. Розроблено структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстата на основі рухів формоутворення та інших виконавчих рухів.

7. Здійснено розрахунок і вибір основних технічних характеристик приводу головного руху.

8. Розроблено конструкцію приводу поздовжніх подач револьверного супорта, що складається із високомоментного двигуна, зубчасто-пасової передачі та передачі гвинт-гайка кочення і має замкнену систему керування. Розроблена конструкція забезпечує діапазон робочих подач 1...6000 мм/хв. і швидкість швидких переміщень 15 м/хв.

9. За результатами розрахунків прийнято діаметр і крок гвинта передачі гвинт-гайка кочення 50x10 мм. Визначено жорсткість приводу подач, яка

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив	Деркач В.Б.				ВИСНОВКИ		
Перевірів	Ярема І.Т.						
Н. контр.	Кобельник В.Р.						
Затв.	Крупа В.В.						
						Літ.	Аркуш
						Н	Аркушів
							67
							2
						ТНТУ, ФМТ	
						гр. МВЗс-41	

становить 160 Н/мкм, проведено розрахунки передачі гвинт-гайка на поздовжню стійкість та вібростійкість, а також статичну міцність та довговічність.

10. Вибрано привідний високомоментний двигун приводу поздовжньої подачі супорта з тахогенератором та гальмом, який має номінальний момент $M_H = 10$ Н·м, номінальну частоту обертання $n_H = 1500$ об/хв і максимальну частоту обертання $n_{max} = 3000$ об/хв.

11. Проведена перевірка двигуна по середньому динамічному моменту для забезпечення пускових режимів його роботи.

12. Розроблено питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі на розробленому верстаті.

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

ДОДАТКИ

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ДОДАТКИ			
Розробив	Деркач В.Б.							
Перевірів	Ярема І.Т.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.				ТНТУ, ФМТ гр. МВЗс-41			
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
					Н		71	10

**Значення параметрів узагальненого циклу роботи приводу
подач, необхідні для розрахунку приводу подач револьверного супорта.**

№ етапу руху	Характер етапу руху	Значення параметрів				
		l_c	V_c	t	F_p	$F_{т.н.}$
		м	м/хв	с	Н	Н
1.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
2.	Швидкий хід	0.2	15	0.8	-	300
3.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300
4.	Робоча подача	0.04	0.12	20	1900	530
5.	Зупинка	-	-	-	-	-
6.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
7.	Швидкий хід	0.24	15	0.96	-	300
8.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300
9.	Стоянка	-	-	33,1	-	-
10.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
11.	Швидкий хід	0.24	15	0.96	-	300
12.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300
13.	Робоча подача	0.005	0.10	4.3	440	320
14.	Зупинка	-	-	-	-	-
15.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
16.	Швидкий хід	0.24	15	0.96	-	300
17.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300
18.	Пауза	-	-	1.5	-	-
19.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
20.	Швидкий хід	0.213	15	0.85	-	300
21.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300
22.	Пауза	-	-	2.8	-	-
23.	Розгін	0.022	-	0.17	-	300
24.	Швидкий хід	0.213	15	0.85	-	300
25.	Гальмування	0.022	-	0.17	-	300

Вказаний в таблиці час розгону (гальмування) визначено з врахуванням лінійного закону зміни швидкості супорта на цих етапах руху:

$$t_p = \frac{V_{x.x.}}{a} = \frac{15}{60 \cdot 1,5} = 0,17 \text{ с.}$$

					КРБ 23-953.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72