

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі

«Фланець підшипникової опори ходового гвинта»

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВ-41

спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

		Євчук В.Д. (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Буховець В.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кобельник В.Р. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Крупа В.В. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Євчуку Валерію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Фланець підшипникової опори ходового гвинта»

Керівник роботи Буховець Валерій Миколайович, к.т.н., старший викладач каф. ВІ

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

Затверджені наказом ректора від «29» 01 2024 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «Фланець підшипникової опори ходового гвинта»; базовий технологічний процес обробки деталі; креслення вузлів багатоцільового верстату моделі Horizon110 фірми Olivetti

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

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника. Призначення і короткий опис верстату. Опис основних вузлів верстату. Аналіз верстатів аналогів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗДІЛ. Розробка операційної технології обробки деталі.

Обґрунтування та вибір металообробного обладнання. Обґрунтування та вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.

Опис кінематичної схеми верстата. Розрахунок потужності і вибір двигуна приводу головного руху. Конструкція та розрахунок шпиндельного вузла верстата.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення деталі – 1 лист ф.А2. Операційна технологія обробки деталі – 1 лист ф.А1.

Загальний вигляд верстату - лист ф.А1. Кінематична схема верстату – 1 лист ф.А1.

Шпиндельна бабка – 2 листа ф.А1. Пристосування для багатоопераційного верстату – 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)

 Євчук В.Д.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Буховець В.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Євчук В.Д. Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Фланець підшипникової опори ходового гвинта». 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2024 р.

Розроблено маршрутну та операційну технологію обробки деталі. Вибрано різальний, вимірювальний інструмент, режими різання. Здійснено розрахунок потужності та вибрано двигун приводу головного руху. Визначені конструктивні параметри шпиндельного вузла, проведено розрахунок радіального зміщення переднього кінця шпинделя. Розроблено схему пристосування, вибрано установочні, затискні та інші елементи, розраховано сили затиску.

Ключові слова: деталь, багатоцільовий верстат, технологічний процес, інструмент, режими обробки, шпиндельний вузол, пристосування.

Yevchuk V.D. «Machine and instrumental support of the part «The flange of the bearing support of the running screw» processing». 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024.

The routing and operational technology of detail processing has been developed. Cutting, measuring tool, cutting modes are selected. The power calculation was carried out and the main drive motor was selected. The design parameters of the spindle assembly were determined, and the radial displacement of the front end of the spindle was calculated. The adjustment scheme was developed, the installation, clamping and other elements were selected, and the clamping forces were calculated.

Key words: part, multi-purpose machine, technological process, tool, processing modes, spindle unit, device.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	АНОТАЦІЯ					Літ.	Аркуш	Аркушіє	
Розробив	Євчук В.Д.									Н		3	1
Перевірів	Буховець В.М.												
Н. контр.	Кобельник В.Р.												
Затв.	Крупа В.В.				ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41								

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі.....	7
1.2. Аналіз технологічних вимог на виготовлення деталі	7
1.3. Вибір методу виготовлення заготовки.....	9
1.4. Призначення верстата і його технічна характеристика.....	10
1.5. Аналіз конструкції верстатів аналогічного призначення.....	16
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	23
2.1. Вибір та обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі та обладнання	23
2.2. Обґрунтування та вибір різального інструменту	25
2.3. Обґрунтування та вибір контрольно-вимірального інструменту.....	26
2.4. Розробка операційної технології обробки деталі.....	28
2.5. Розрахунок режимів різання.....	30
2.6. Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі.....	36
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	41
3.1. Вибір комплексу рухів, по забезпеченню виробничого циклу на верстаті.....	41
3.2. Розробка кінематичної схеми верстата.....	44
3.3. Розрахунок потужності і вибір двигуна приводу головного руху.....	47
3.4. Конструкція та розрахунок шпиндельного вузла верстата.....	52
3.4.1. Основне призначення шпиндельного вузла.....	52
3.4.2. Технічні характеристики шпиндельного вузла.....	52
3.4.3. Розрахунок радіального зміщення переднього кінця шпиндельного вузла.....	53

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЗМІСТ					Лім.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.									Н		4	2
Перевірів	Буховець В.М.									ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.												
Затв.	Крупа В.В.												

3.4.4. Визначення оптимальної віддалі між опорами шпинделя.....	55
3.5.Розробка конструкції пристосування.....	57
3.5.1. Розробка схеми пристосування.....	57
3.5.2. Вибір установочних, затискних і інших елементів.....	58
3.5.3. Розрахунок сил затиску.....	59
3.5.4. Опис конструкції і роботи пристрою.....	62
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	63
4.1.Вимоги до робочого місця оператора багатоцільового верстата та його проектування.....	63
4.2.Правила охорони праці для оператора, який обслуговує багатоцільовий верстат.....	66
4.3.Заходи зі зменшення забруднення довкілля при роботі багатоцільового верстату.....	68
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73
ДОДАТКИ.....	75

ВСТУП

Однією з важливих функцій управління технологічним процесом є функція забезпечення необхідного рівня якості продукції, що виготовляється протягом усього часу здійснення технологічного процесу. Для механічної обробки якість визначається точністю розмірів і форми деталей, що виготовляються. При виготовленні корпусних деталей якість обробки буде залежати від використовуваного обладнання, яким в більшості випадків є багатоцільові верстати.

Сучасний багатоцільовий верстат виконує функції одночасно свердлильного, фрезерного і розточного верстатів. Технологічні можливості і висока степінь автоматизації цих верстатів забезпечується наявністю трьох і більше незалежно керованих координат системою ЧПК, широкого діапазону безступеневого регулювання частот обертання шпинделя і подач робочих органів, автоматичної заміни різальних інструментів і заготовок, що накопичуються в спеціальних магазинах і т.п.

Широко застосовуються багатоцільові верстати з ЧПК з горизонтальною компоновкою шпинделя і поворотним столом, що дозволяють вести обробку деталі з чотирьох сторін без переустановлення, за рахунок чого досягається максимальна точність обробки.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Фланець підшипникової опори ходового гвинта», що передбачає розробку маршрутного та операційного техпроців, вибір інструментального та контрольно-вимірювального забезпечення, вибору режимів обробки, а також розробці шпиндельної бабки, що передбачає вибір двигуна приводу головного руху, розрахунок радіального зміщення переднього кінця шпинделя та його оптимальної міжопорної віддалі.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ВСТУП				Лім.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.								Н		6	1
Перевірів	Буховець В.М.											
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Затв.	Крупа В.В.											
					ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41							

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі

Вузол 16K20T1.072000.000СБ служить лівою опорою гвинта подовжнього переміщення супорта токарного верстата з ЧПК мод. 16K20T1. Вузол складається з гвинта, на який встановлюються кільця, прокладки, манжети, проставки для підшипників і самі підшипники, а також корпусу, датчика контролю положення, муфти і регулювальних пристроїв. Вузол кріпиться до корпусу за допомогою фланця, в якому базується два підшипники. Також на фланець кріпитися кришка з манжетою. Регулювання зазорів в підшипниках здійснюється за допомогою корончатої гайки. Можливе приєднання до вузла, зокрема до валу, різних пристроїв, для вимірювання частоти обертання або (і) кута повороту.

Деталь «Фланець підшипникової опори ходового гвинта» (рис.1.1) входить у вузол і являє собою корпусну нерухому деталь, яка призначена для кріплення до станини підшипникового вузла лівої опори гвинта переміщення супорта верстата з ЧПК 16K20T1.

1.2. Аналіз технологічних вимог на виготовлення деталі

Граничні відхилення розмірів і шорсткість.

Для відповідальних поверхонь шорсткість Ra 0,63. Така шорсткість може бути досягнута за допомогою шліфування. Для невідповідальних поверхонь прийнята шорсткість Ra 6,3.

Найточніші поверхні виконуються по 6 квалітету. Канавку Ø70к6 доцільно обробляти в кінці забезпечивши шорсткість Ra 1,25, а Ø70h6 шліфувати або точити забезпечивши шорсткістю Ra 2,5.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розробив	Євчук В.Д.				АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ			Лім.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Буховець В.М.							Н		7	16
								ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.										
Затв.	Крупа В.В.										

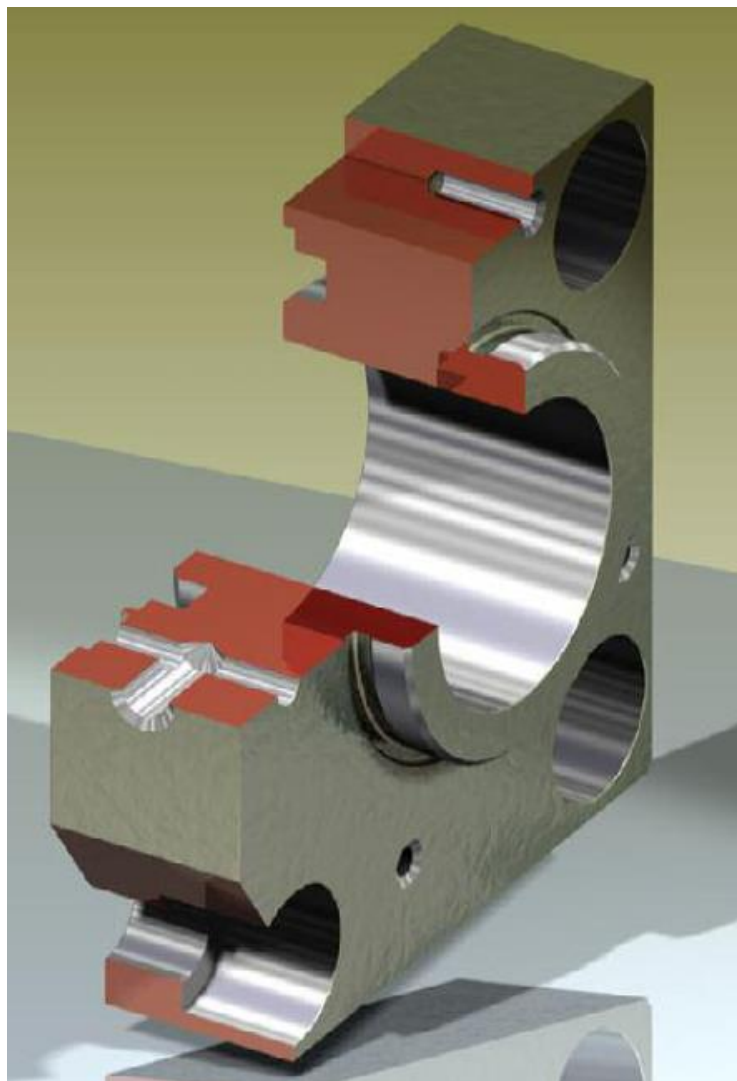


Рис. 1.1. Конструкція деталі «Фланець підшипникової опори ходового гвинта»

Термічна обробка.

Поверхні «Е» і «Ж» (див. креслення деталі) повинні мати достатню твердість для сприйняття осьових навантажень. Тому необхідно забезпечити їх твердість HRC 48...56 за рахунок використання термообробки, а саме гартування струмами високої частоти.

Допуски форми і розташування поверхонь.

Вимога паралельності щодо площини «Ж» (0.05 мм) необхідна для прийнятної похибки кріплення фланця до станини і кріплення до фланця кришки. Ця вимога забезпечуватиметься за рахунок шліфування.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

Вимога паралельності щодо площин «Ж» і «Е» (0.005 мм) потрібна для забезпечення найменшого перекосу упорних підшипників. Ця вимога забезпечуватиметься за рахунок шліфування.

Всі вимоги перпендикулярності різних площин відносно поверхні «Ж» (0,03 мм та 0,05 мм) також пов'язані з точністю розташування упорних підшипників і забезпечуватимуться за рахунок точності виконання пристосувань.

Неплоскостинність 0,005 мм забезпечуватиметься за рахунок шліфування.

1.3. 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 штампуванням.

Виготовлення заготовки литвом виключається внаслідок низької рідкотекучості даного матеріалу.

Оскільки тип виробництва даної деталі серійний (5000 шт.), то доцільно вибрати метод виготовлення заготовки – штампування у відкритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах. 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 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 3,2 до 5,6 кг, групі сталі М2, степені складності С2 та класу точності Т4 вихідний індекс – 13. За [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.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.1. Припуски, допуски та розміри заготовки

№ п/п	Розмір	Припуск	Допуск	Розмір
1.	35	2,2	$+1,4$ $-0,8$	$39,4^{+1,4}_{-0,8}$
2.	45	2,5	$+1,6$ $-0,9$	$50^{+1,6}_{-0,9}$
3.	125	2,8	$+1,8$ $-1,0$	$130,6^{+1,8}_{-1,0}$
4.	128	2,8	$+1,8$ $-1,0$	$133,6^{+1,8}_{-1,0}$
5.	Ø52	2,5	$+0,9$ $-1,6$	$Ø47^{+0,9}_{-1,6}$
6.	Ø70	2,5	$+1,6$ $-0,9$	$Ø75^{+1,6}_{-0,9}$

Креслення заготовки приведено на рис. 1.2.

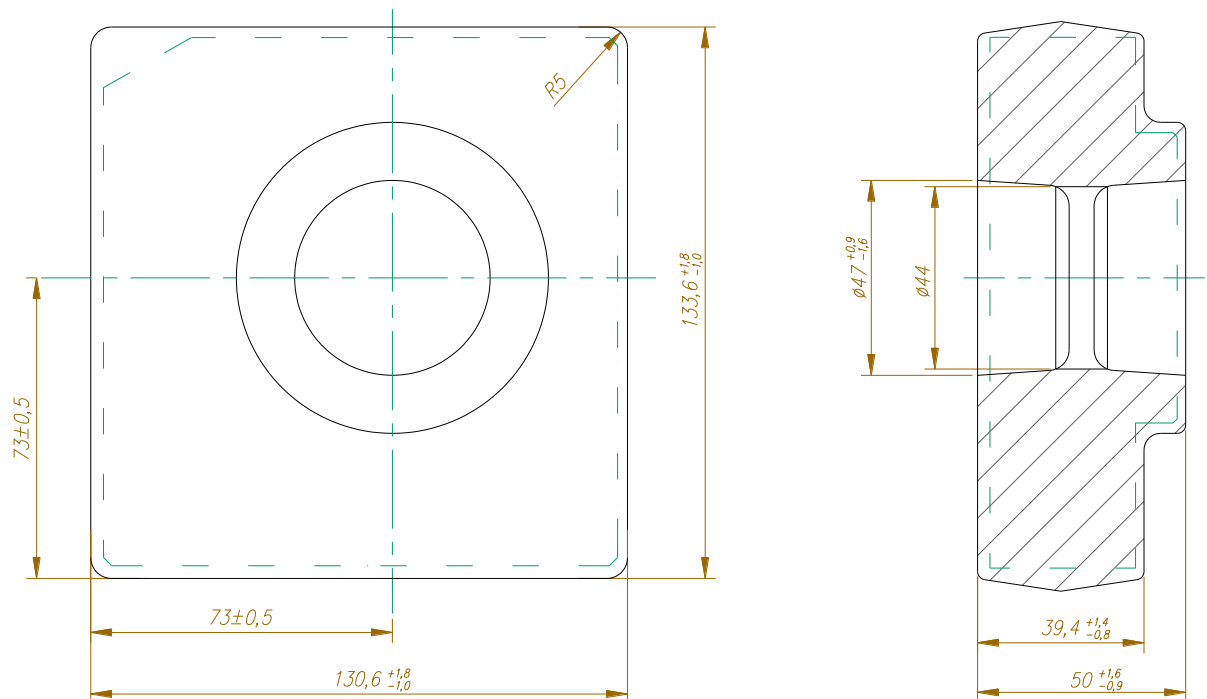


Рис. 1.2. Конструкція поковки

1.4. Призначення верстата і його технічна характеристика

На багатоцільовому верстаті моделі Horizon 110 (рис.1.3) фірми Olivetti [2] може проводитися напівчистове і чистове фрезерування деталей кінцевими,

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

торцевими і дисковими фрезами, а також розточування, свердління, зенкерування, розвертання і нарізання різьби мітчиками.



Рис. 1.3. Загальний вигляд багатоцільового верстата моделі
Horizon 110 фірми Olivetti

Верстат може обробляти деталі із чавуну, сталі, кольорових сплавів і пластмаси. Верстат може керуватися вручну органами керування, розташованими на пульті керування, не використовуючи систему ЧПК [2].

На верстаті програмуються координатні переміщення рухомої стійки, головки, яка несе шпиндель (шпиндельної бабки), пінолі зі шпинделем, поворотного стола, швидкості цих переміщень, число обертів шпинделя, зміна інструменту, корекція інструменту, цикли обробки [2].

Система ЧПК дає можливість реалізовувати програми обробки деталей практично необмеженою кількістю різних операцій. Перехід на нову номенклатуру деталей проводиться зміною керуючої програми [2].

Верстат призначений для штучного, а також дрібносерійного виробництва. Крім того верстат може бути вмонтований у виробничі потоки інтегрованих ділянок і гнучкі виробничі модулі [2].

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

Верстат виготовлений по принципу нововведень та сучасної технології і складається із [2]:

1. Станини з підвищеною жорсткістю, що виготовлена із зварної листової сталі;
2. Основи рухомої стійки (вісь X) на напрямних кочення, закріплених на станині;
3. Стійки, виконаної із двох вертикальних паралельних колон;
4. Шпиндельної бабки (вісь Y), що переміщається по вертикальних колонах стійки;
5. Пінолі із шпинделем (вісь Z), що переміщається всередині шпиндельної бабки, розташованої в центрі двох напрямних колон;
6. Поворотного стола (вісь B) з нерухомою частиною, вмонтованою в станину, і обертовою частиною, вмонтованою в пристрій автоматичної заміни деталі;
7. Пристрою автоматичної заміни деталі, що дозволяє безпосередню заміну двох обертових частин стола, на яких встановлюється палета із деталлю;
8. Групи магазину інструменту і механізму зміни інструменту;
9. Групи пристрою переміщення стружки і пристрою охолодження інструмента;
10. Системи керування і електроапаратури

Система координат верстату показана на рис. 1.4, а параметри робочої зони верстату приведені на рис. 1.5.

Стійка. Стійка виконана із двох вертикальних паралельних колон, встановлених на основі і з'єднаних зверху горизонтальною перекладиною і закритих по боках двома структурами із ребристої сталі. Основа рухомої стійки рухається по двох напрямних кочення, закріплених на станині. В стійці розташована шпиндельна бабка. В нижній частині стійки, в основі, між напрямними кочення знаходиться передача гвинт-гайка кочення. Внизу під основою розташований лінійний вимірювальний перетворювач індукційного типу [2].

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

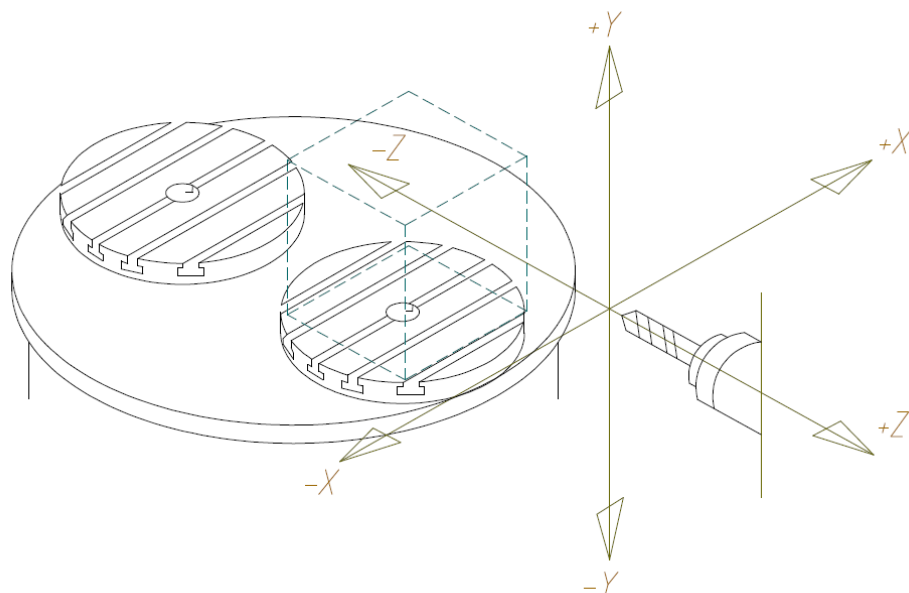


Рис.1.4. Система координат верстату

Шпиндельна бабка. Являє собою жорстку відливку коробчастої форми із наскрізним отвором для розміщення пінолі із шпинделем. В верхній частині колони розташований двигун, що приводить в рух за допомогою передачі гвинт-гайка кочення головку із шпинделем. Головка рухається по двох вертикальних колонах на яких розташовані напрямні кочення. В нижній частині головки розташований гідро циліндр, який здійснює фіксацію пінолі. Справа на головці із шпинделем розташований лінійний вимірювальний перетворювач індукційного типу. В верхній частині головки кріпиться передача гвинт гайка кочення, за допомогою якої рухається піноль [2].

Піноль. Являє собою гладкий циліндр, який з'єднаний з гайкою передачі гвинт-гайка кочення, та приводиться нею в рух. Переміщення проходить всередині головки по напрямних тертя. Всередині пінолі розташований шпиндель, змонтований на трьох опорах. Передня опора складається із двох кулькових радіально-упорних підшипників встановленим по схемі «тандем». Середня опора складається із одного радіально-упорного підшипника. Задня опора – кульковий радіальний підшипник з жорстко закріпленим кільцем на шпинделі. Регулювання радіального і осьового натягу проводиться за допомогою гайки і кільця. Обертання на шпиндель передається через рухоме шліцеве з'єднання. Шпиндель

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

13

вільно заднім шліцевим кінцем переміщається всередині вала із закріпленням на ньому шківом. Цей шків з'єднаний з двигуном за допомогою двох клинопасових передач. Проміжний шків має деяку ексцентричність, щоб забезпечити передачу обертання від жорстко закріпленого двигуна до шпинделя, який переміщається по двох координатах [2].

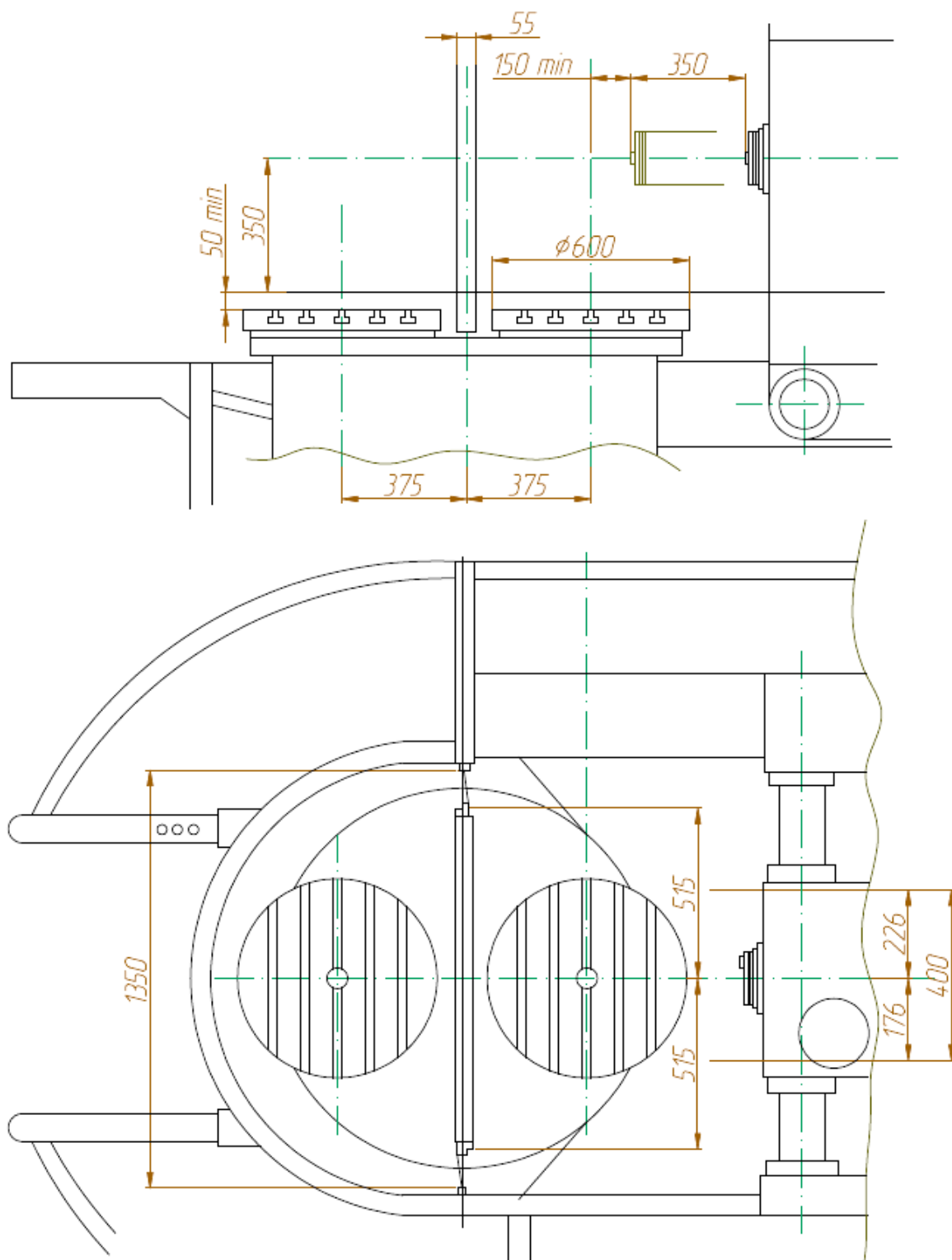


Рис. 1.5. Параметри робочої зони верстату

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			14

Затиск інструменту в шпинделі верстата здійснюється за допомогою набору тарілчастих пружин, що зтягують інструмент в конус шпинделя через шток. Захват хвостовика інструменту здійснюється цанговим патроном з кульками при русі штока під дією пружин. Регулювання пакета тарілчастих пружин, що визначають зусилля затиску інструменту в шпинделі, проводиться гайкою. Звільнення інструменту при його заміні проходить у верхньому лівому положенні головки, коли шток переміщається вперед під дією гідроциліндра. Крутний момент інструменту передається шпонками на торці шпинделя, які входять в пази інструментальної оправки [2].

Привід подач. В приводах подач використовуються кульково-гвинтові передачі. Гайка для поздовжнього переміщення стійки по напрямних закріплена справа на основі стійки, а опора гвинта – зліва на станині. Гайка гвинта вертикального переміщення головки із шпинделем, яка рухається всередині стійки, закріплена зверху і справа головки, а опора гвинта закріплена у верхній частині стійки. Гайка для поздовжнього переміщення пінолі закріплена в задній частині пінолі, а опора гвинта закріплена в задній частині головки. Ходові гвинти з'єднані з електродвигунами за допомогою муфт [2].

Вимірювання поперечного і поздовжнього переміщення здійснюють лінійні вимірювальні перетворювачі.

В корпусі поворотного стола розміщена черв'ячна передача привода повороту стола, датчик відліку кутів повороту стола і механізм затиску поворотного стола. Затиск служить для жорсткої фіксації стола від повороту і здійснюється від набору тарілчастих пружин. Роз тиск і відтискання механізмів з деталлю для заміни здійснює гідроциліндр [2].

Механізм заміни деталі. Дозволяє замінити автоматично два однакових механізми для затиску деталі, після відтискання ближчого до шпинделя механізму гідроциліндром. Зміна проводиться в результаті повороту навколо вертикальної осі двох механізмів для затиску деталі за допомогою гідроциліндра і рейкової передачі [2].

Інструментальний магазин. З лівої сторони від стійки розташований

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

інструментальний магазин і механізм заміни інструменту. Інструментальний магазин виконаний у вигляді барабана із втулками, в яких розташовані інструменти. Інструменти в магазині утримуються в радіальному напрямку пружинними фіксаторами в однаковому кутовому положенні. Барабан отримує обертання від гідро двигуна. Точна зупинка барабана проводиться внаслідок спрацювання кінцевого вимикача. Пошук потрібного інструменту в барабані проводиться за допомогою датчика [2].

Механізм заміни інструменту виконаний у вигляді автооператора у вигляді кутника, рука якого здійснює всі необхідні операції по переустановленню потрібного інструменту із барабану в шпиндель верстата і навпаки. Осьове переміщення руки проводиться гідроциліндром, обертання руки – від двох гідроциліндрів через рейкову передачу. Затиск інструментів в захваті автооператора здійснює пакет тарілчастих пружин. Розтик здійснюється гідроциліндром [2].

1.5. Аналіз конструкції верстатів аналогічного призначення

Верстат свердлильно-фрезерно-розточувальний мод. 2204ВМФ4 (рис.1.6) з круглим поворотним столом горизонтальний з числовим програмним управлінням (ЧПУ) та пристроєм автоматичної зміни інструменту призначений для комплексної обробки різноманітних деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових та легких сплавів [3]. На верстаті 2204ВМФ4 можна проводити напівчистове та чистове фрезерування площин, пазів та криволінійних поверхонь різними типами фрез, а також розточування, свердління, зенкерування, розгортання отворів та нарізування різьблення мітчиками та різцями за заданою програмою [3].

Компонування верстата дозволяє підвищити його вібростійкість та точнісні параметри. Застосування як елементи кочення високоточних роликових опор, встановлених з попереднім натягом, забезпечує високу жорсткість стиків та їх хороші демпфуючі здібності. Це гарантує високу точність позиціонування при

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

різанні навіть у важких режимах обробки [3].



Рис. 1.6. Верстат свердильно-фрезерно-розточувальний мод. 2204ВМФ4

На верстаті програмується координатні переміщення столу та шпиндельної головки, швидкості цих переміщень, частота обертання шпинделя, вибір та зміна інструменту, зміна оброблюваної деталі та цикли обробки [3].

Привід ходових гвинтів здійснюється безпосередньо від високомоментних двигунів

постійного струму, що скорочує довжину кінематичних ланцюгів, забезпечуючи високу точність переміщень та гнучкість у керуванні подачею [3].

Як привод головного руху застосований електродвигун постійного струму з широким діапазоном регулювання, що скорочує довжину кінематичних ланцюгів і покращує експлуатаційні якості верстата. Наявність на верстаті пристрою для контролю кута повороту шпинделя дозволяє автоматично встановлювати орієнтований по куту інструмент [3].

На верстаті є хрестовий стіл із Т-подібними пазами. Встановлений біля верстата на автономній опорі інструментальний магазин дозволяє збільшити жорсткість верстата та підвищує його вібростійкість, а також зводить до мінімуму зміну його точнісних параметрів [3].

Застосування на верстаті замкнутих роликів направляючих кочення типу «танкеток» і беззори́х передач «гвинт гайка кочення» підвищують довговічність верстата, плавність переміщення робочих органів і ККД їх приводу [3].

Верстат 2204ВМФ4 може бути оснащений пристроєм автоматичного

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

завантаження та вивантаження виробів, призначеним для встановлення заготовки поза верстатом на змінні столи та подальшого автоматичного завантаження столів на верстат, а також їх вивантаження зі верстата після закінчення обробки. Використання змінних столів пристрою дозволяє поєднати завантаження заготовок або вивантаження оброблених виробів з роботою верстата, що суттєво скорочує холості ходи та підвищує ефективність обробки [3].

Свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з числовим програмним управлінням мод. ИР-500 (рис.1.7) з автоматичною зміною інструменту та зміною оброблюваних деталей призначений для високопродуктивної обробки корпусних деталей масою до 700 кг з конструкційних матеріалів від легких сплавів до високоміцних сталей [4].



Рис. 1.7. Свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з числовим програмним управлінням мод. ИР-500

Широкий діапазон частоти обертання шпинделя та швидкостей подач дозволяє проводити свердління, зенкерування, розвертання, розточування точних отворів, пов'язаних координатами, фрезерування по контуру з лінійною та

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

круговою інтерполяцією, нарізування різьблення мітчиками [4].

аявність поворотного столу, що встановлюється з високою точністю (± 5 с через 5°), розширює технологічні можливості верстата, дозволяє обробляти отвори співвісні консольним інструментом [4]. Підвищений ступінь точності верстата забезпечує обробку отворів по 7, 8 квалітетам точності з шорсткістю поверхні Ra 2,5 мкм [4].

Всі вузли верстата IP-500 змонтовані на жорсткій Т-подібній станині, яка є загальною основою. Лобова безконсольна шпиндельна бабка розташована всередині порталної стійки [4].

Пристрій автоматичної зміни інструменту з інструментальним магазином барабанного типу монтується на верхньому торці стійки [4].

Всі базові деталі забезпечують максимальну жорсткість і вібростійкість при високопродуктивній обробці, гарантують тривале збереження точності [4].

Жорсткий шпиндель з діаметром під переднім підшипником 105 мм та конусом №50 виготовлений із цементованої сталі з високою поверхневою твердістю (HRC 62). Шпиндель монтується в окремому корпусі на прецизійних роликових та упорно-радіальному кульковому підшипниках, що забезпечує оптимальну точність, жорсткість та вібростійкість [4]. Привід шпинделя верстата здійснюється двоступеневою коробкою швидкостей від електродвигуна постійного струму потужністю 14 кВт. У діапазоні 21 - 174 об/хв на шпинделі забезпечується постійний момент, а в діапазоні 182...3000 об/хв - постійна потужність [4].

Гідромеханічний пристрій затиску інструменту в шпинделі гарантує надійність та швидкодію кріплення різального інструменту із зусиллям 1250 кг [4]. Автоматична орієнтація шпинделя з керуванням від ЧПУ та механічною фіксацією розширює технологічні можливості верстата, дозволяє виробляти цілу серію технологічних циклів, у яких необхідно відвести різець від робочої поверхні, не ушкоджуючи виріб [4].

Переміщення рухомих вузлів по осях X, Y, Z здійснюється від високомоментних електродвигунів з постійними магнітами, які через пружні

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

муфти високої жорсткості безпосередньо з'єднані з прецизійними кульковими гвинтовими парами, що володіють жорсткістю і довговічністю [4]. Електроприводи подач забезпечують постійний (до 0,2 с) час розгону та гальмування, а отже, і мінімальний час обробки запрограмованих переміщень [4]. Позиціювання здійснюється одночасно за трьома координатними осями X, Y, Z.

У рухомих вузлах верстата застосована система комбінованих напрямних, що складаються з прецизійних роликових опор кочення, встановлених з попереднім натягом, і антифрикційного полімерного матеріалу, що володіє низьким коефіцієнтом тертя і високою здатністю демпфуючої, що гарантує високу точність позиціонування, стійкість верстата при різанні на максимальних режимах. Напрямні виготовлені з високоякісної загартованої сталі та відшліфовані з високою точністю та чистотою поверхні [4].

Вбудований поворотний стіл, що індексується, переміщається по окремій станині, яка кріпиться на загальній основі [4]. Поворотний стіл має 72 позиції через 5°. Встановлення столу відбувається автоматично. Застосування як індексуючого елемента спеціальної муфти з торцевими зубами в поєднанні з гідравлічним пристроєм затиску столу гарантує точність повороту та надійність фіксації [4].

Пристрій автоматичної зміни інструментів, розташований поза робочою зоною, складається з інструментального магазину, що обертається, барабанного типу з кодованими гніздами [4].

Обробний центр моделі CWK 500 фірми StarragHeckert (рис. 1.8.) з розмірами столів-супутників 500x500мм відповідає основним вимогам підвищення об'ємної продуктивності різання і подальшого скорочення непродуктивного часу на допоміжних операціях [5].

По розмірах робочої зони такий центр займає провідне місце серед аналогів. Конструкція верстата дозволяє збільшити розміри робочих ходів, діаметр кола відхилень і здатність завантаження супутників. Симетрична конструкція верстата з хрестовою станиною і оптимізованими основними вузлами забезпечує необхідну статичну і динамічну жорсткість, високу точність обробки, тривалу

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

стійкість інструменту і найвищу якість оброблюваної поверхні. Оформлення робочої зони і використання пристрою для видалення стружки оптимально відповідають збільшеному об'єму стружки, що знімається. Щоб уникнути скупчень стружки всі направляючі лотки в робочій зоні, як правило, розташовані вертикально. Це створює ідеальні умови для сухої обробки. Разом з хорошими передумовами для сухої обробки оброблювальний центр відповідає всім вимогам оптимальної обробки з охолодженням [5].

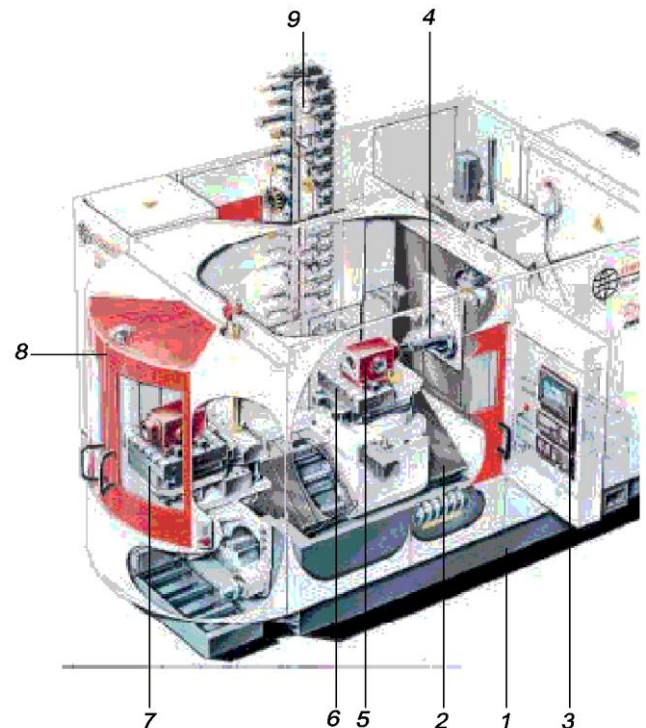


Рис. 1.8. Обробний центр мод. CWK 500 фірми Starrag Heckert: 1 – станина; 2 – конвеєр для стружки; 3 – система управління; 4 – шпиндель; 5 – заготовка; 6 – стіл-супутник; 7 – супутник з заготовкою; 8 – екран; 9 – магазин

Максимальну об'ємну продуктивність різання гарантує головний привід оброблюючого центру. Горизонтальний шпиндель передає потужність до 50 кВт і момент обертання 1400 Нм. При високопродуктивному фрезеруванні це дозволяє досягати об'ємної продуктивності різання 1800 см³/хв. Для 5-сторонньої обробки в одному закріпленні верстат оснащується горизонтально-вертикальною фрезерною головкою. Компенсація зсуву шпинделя, обумовленого коливаннями температури, відбувається автоматично. CWK 500 оснащений переміщуваною на

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

500 мм пінолю з ЧПУ. Її використання дозволяє обробляти глибокі отвори і поверхні, а також виконувати проходи великої довжини [5].

Прискорений хід 60 м/хв по всіх лінійних осях, високе прискорення і швидке позиціонування ведуть до скорочення непродуктивного часу на допоміжних операціях. Поворотний стіл з ЧПУ з безпосереднім приводом і системою вимірювання кутів з абсолютним відліком розрахований на частоту обертання до 80 об/хв – і це при масі навантаження супутника до 1000 кг [5].

Всі операції по завантаженню заготовок і вивантаженню виробів направлені на скорочення штучного часу і часу на підготовчо-завершальні операції, а також на підвищення зручності обслуговування. Завантаження заготовок і вивантаження готових виробів відбуваються на місці затиску одночасно з основними операціями обробки. Виконання поворотного місця затиску з індексацією $4 \times 90^\circ$ полегшує роботи по обслуговуванню. Гідравлічний обертально-поворотний пристрій, який працює по принципу «нон-стоп» передає супутники з місця затиску на місце обробки. Зміна заготовок масою до 1000 кг відбувається за 10 секунд (НІС 500) [5].

CWK500 оснащений ланцюговим накопичувачем на 60 або 80 інструментальних гнізд. При більшій потребі в інструменті використовуються баштові накопичувачі з порожнистим конусом HSK-A 100 або SK 50 з максимальною кількістю 240 інструментів. У використовуваних варіантах накопичувачів можна встановлювати інструмент завдовжки до 800 мм, діаметром 325 мм і вагою до 35 кг. Інструмент завдовжки 800 мм дозволяє виконувати односторонню обробку глибоких отворів і проходів великої довжини [5].

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

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

Аналізуючи робоче креслення деталі «Фланець підшипникової опори ходового гвинта» можна зробити висновок про те, що основною конструкторською базою є торець «Ж». За допоміжну технологічну базу вибираємо отвір Ø52H7.

За чорнову базу береться зовнішній розмір заготовки. В якості установочної бази приймається внутрішній діаметр Ø52H7.

Для запобігання повороту використовуються установочні пальці, а коли їх застосування неможливе то використовується притискання в необроблений торець. Дані базові поверхні забезпечують стійке і надійне положення заготовки в пристосуваннях при обробці поверхонь.

Заданий тип виробництва 5000 деталей в рік або 417 деталей в місяць. При такому типі виробництва виготовлення деталей відбуватиметься партіями. Відповідно обладнання повинно бути універсальне або з ЧПК [6]. 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 16K20T1 для більшої кількості переходів. Для фрезерування, свердління, нарізування різьби доцільно застосувати багатокоординатний верстат з програмним управлінням, наприклад Horizon110. Операції шліфування виконуватимуться на круглошліфувальному верстаті типу 3T161 та внутрішньошліфувальному верстаті типу 3K227.

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

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.								Н		23	18
Перевірів	Буховець В.М.								ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Затв.	Крупа В.В.											

Таблиця 2.1. Послідовність виконання операцій механічної обробки

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Технологічне обладнання
005	Токарна з ЧПК	Обробка торця Ж, двох канавок. Розточування отвору	Токарний з ЧПК мод. 16K20T1
010	Токарна з ЧПК	Обробка двох торців зі сторони Е, Ø70мм попередньо, канавки І	Токарний з ЧПК мод. 16K20T1
015	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Свердління отворів Ø17мм, Ø28мм, Ø6мм, Ø13мм, під різьбу М6-7Н. Нарізання різьби М6-7Н. Фрезерування фаски під кутом 30°	Обробляючий центр мод. Horizon 110
025	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Свердління отворів під різьбу М10х1 та її нарізання. Фрезерування чотирьох бокових поверхонь квадрата і фасок	Обробляючий центр мод. Horizon 110
045	Внутрішньошліфувальна	Шліфування отвору Ø52Н7	Внутрішньошліфувальний мод.3K227
050	Круглошліфувальна	Шліфування уступа Ø70h6 і торця. Шліфування торця Ж попередньо	Круглошліфувальний мод.3Т161
055	Круглошліфувальна	Шліфування торців Ж і Е	Круглошліфувальний мод.3Т161

060	Токарна	Точіння канавки на діаметрі 70к6	Токарно-гвинторізний мод. 16K20
-----	---------	----------------------------------	---------------------------------

2.2. Обґрунтування та вибір різального інструменту

Вибраний різальний інструмент для виконання операцій механічної обробки згідно рекомендацій [6] приведений у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Різальний інструмент для виконання операцій механічної обробки

№ операції	Назва операції	Різальний інструмент
005	Токарна з ЧПК	1. Різець підрізний Т15К6 ГОСТ18879-73 2. Різець відрізний ВК8 ГОСТ18884-73 3. Різець розточний ВК6-ОМ ГОСТ25395-82 Різець розточний ВК3 ГОСТ25395-82
010	Токарна з ЧПК	1. Різець підрізний Т15К6 ГОСТ18879-73 2. Різець токарний розточний ВК6 ГОСТ18884-73
015	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	1. Свердло спіральне Ø17 Р6М5 ГОСТ10303-77 2. Цековка Ø28 3. Свердло спіральне Ø5 Р6М5 ГОСТ886-77 4. Свердло спіральне Ø15 Р6М5 ГОСТ2092-77
		5. Свердло спіральне Ø6 Р6М5 ГОСТ2092-77 6. Цековка Ø13

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

		7. Фреза кінцева Ø40 P6M5 ГОСТ17026-71 8. Мітчик М6-7Н P6M5 ГОСТ3266-81
025	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	1. Фреза торцева насадна Ø100 BK8 ГОСТ24359-80 2. Фреза однокутова Ø63 <45° ТУ2-035-526-76 3. Свердло спіральне Ø5 P6M5 ГОСТ886-77 4. Свердло спіральне Ø15 P6M5 ГОСТ2092-77 5. Мітчик М6-7Н P6M5 ГОСТ3266-81 6. Свердло спіральне Ø9 P6M5 ГОСТ2092-77 7. Свердло спіральне Ø20 P6M5 ГОСТ2092-77 8. Мітчик М10х1-7Н P6M5 ГОСТ3266-81
045	Внутрішньошліфувальна	Круг ПП 40х32х6 24 А416 С25К 35м/с ГОСТ2424-75
050	Круглошліфувальна	Круг ПВДК 300х40х127 35м/с ГОСТ2424-75
055	Круглошліфувальна	Круг ПП 500х60х203 35м/с ГОСТ2424-75
060	Токарна	Різець підрізний Т15К6 ГОСТ18879-73

2.3. Обґрунтування та вибір контрольно-вимірювального інструменту

Вибраний контрольно-вимірювальний інструмент для контролю при виконанні операцій механічної обробки [6] приведений у табл.2.3.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

Таблиця 2.3. Вибраний контрольно-вимірювальний інструмент

№ операції	Назва операції	Вимірювальний інструмент
005	Токарна з ЧПК	1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 2. Скоба 16ТН-25
010	Токарна з ЧПК	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
015	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
025	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
045	Внутрішньошліфувальна	Пробка 52Н7 СТП 428-11
050	Круглошліфувальна	1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 2. Скоба 8113-0149 h6 ГОСТ18362-73 3. Зразки шорсткості, Набір №1 ГОСТ9375-75 4. Оправка НК52Н9 П32-1 5. Індикатор 1МНГ ГОСТ9696-75
055	Круглошліфувальна	1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
		2. Зразки шорсткості, Набір №1 ГОСТ9375-75 3. Контрольна плита ГОСТ10305-86 4. Індикатор 1МНГ ГОСТ9696-75
060	Токарна	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80

2.4. Розробка операційної технології обробки деталі

Послідовність переходів кожної технологічної операції механічної обробки деталі приведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Послідовність переходів технологічних операцій

№ операції	Назва операції	Послідовність переходів
005	Токарна з ЧПК	1. Встановити і закріпити деталь 2. Підрізати торець зі сторони «Ж» в розмір 47 мм 3. Прорізати уступ Ø94Н11 4. Попередньо розточити отвір до Ø51,5 мм 5. Точити фаски 1х45° в отворі і канавці 6. Зняти деталь і покласти в тару
010	Токарна з ЧПК	1. Встановити і закріпити деталь 2. Підрізати торець «Е» в розмір 45,5 мм 3. Підрізати другий торець зі сторони торця «Е» в розмір 35,7 мм 4. Попередньо точити поверхню до Ø70,5 мм 5. Проточити канавку «І» розміром 3х3 мм 6. Зняти фаску 1х45° 7. Зняти деталь і покласти в тару
015	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	1. Встановити деталь в пристосування і закріпити 2. Свердлити 4 отвори Ø17 мм 3. Цекувати 4 отвори Ø28х20,5 мм 4. Свердлити 4 отвори Ø5 мм під різьбу М6-7Н 5. Виконати фаску «Ж» Ø6,3 <120° 6. Свердлити отвір Ø6 на довжину 35 мм 7. Цекувати отвір «Ж» Ø13Н11 на довжину 1,85мм

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

		8. Фрезерувати фаску під кутом 30° 9. Нарізати різьбу М6-7Н 10.Зняти деталь
025	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	1. Встановити деталь в пристосування і закріпити 2. Фрезерувати першу бокову площину квадрата 3. Фрезерувати фаску 2х45° 4. Свердлити отвір Ø5 мм під різьбу М6-7Н 5. Зняти фаску в отворі під різьбу Ø6,3 <120° 6. Нарізати різьбу М6-7Н 7. Фрезерувати другу бокову площину квадрата 8. Фрезерувати фаску 2х45° 9. Фрезерувати третю бокову площину квадрата 10.Фрезерувати фаску 2х45° 11.Фрезерувати четверту бокову площину квадрата 12.Фрезерувати фаску 2х45° 13.Свердлити отвір Ø9 мм під різьбу М10х1-7Н
		14.Зняти фаску в отворі Ø10,5 <120° 15.Нарізати різьбу М10х1-7Н 16.Зняти деталь
045	Внутрішньо-шліфувальна	1. Встановити і закріпити деталь 2. Шліфувати отвір Ø52Н7 3. Зняти деталь і покласти в тару
050	Кругло-шліфувальна	1. Встановити і закріпити деталь на оправці 2. Шліфувати торець «Ж» в розмір 45,3 _{-0,1} 3. Шліфувати торець уступа в розмір 35,3 _{-0,1}

		4. Шліфувати поверхню Ø70h6 5. Зняти деталь
055	Кругло-шліфувальна	1. Встановити і закріпити деталь на оправці 2. Шліфувати торець «Ж» в розмір 45 _{-0,05} з вихожуванням до чистоти 3. Шліфувати торець «Е» в розмір 45 _{-0,1} з вихожуванням до чистоти 4. Зняти деталь
060	Токарна	1. Встановити і закріпити деталь 2. Точити канавку Ø70к6 3. Зняти деталь і покласти в тару

2.5. Розрахунок режимів різання

Режими різання призначалися по довіднику [7].

Нижче приведені вибіркові розрахунки з використанням пакету прикладних програм Mathcad для операції 015 переходу 1 та переходу 7.

Решта визначених режимів різання приведені в табл. 2.5.

text
MS Sans Serif
12
B *I* U

015 Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК

Horizon 110 Перехід 1

Швидкість різання при свердлінні:

$$V_c := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

Де:

- V_c - швидкість різання при свердлінні, м/хв.
- D - діаметр свердла, мм.
- T - період стійкості інструменту, хв.
- S - подача, мм/об.
- K_v - Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.
- C_v, q, y, m - коефіцієнт і показники степеня.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

$$D := 17\text{mm} \quad ob := 2\pi\text{rad} \quad T := 30\text{min}$$

$$S := 0.28 \frac{\text{mm}}{ob}$$

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

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

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.

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

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

$$K_{nv} := 0.5$$

$$K_{lv} := 1$$

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

$$K_v = 0.361$$

$$V_c := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad V_c = 23.173 \text{m}^0 \text{s}^0$$

Частота обертання інструмента при свердлінні, об/хв:

$$n := \frac{V_c}{\pi \cdot D} \quad n = 433.899 \text{m}^{-1} \text{s}^0$$

В результаті

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

Основний час обробки T_0 , min:

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

Де:

L - довжина обробки, включаючи підвід і вихід інструмента.

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

$$T_0 = 0.498 \text{ m}^2 \text{ s}$$

Для визначення крутного моменту і осьової сили скористаємося формулами:

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

Де:

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки
обробки.

C_M і C_P - коефіцієнти

$$K_p := K_{mv}$$

Для моменту:

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

$$M_{\text{кр}} := 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad M_{\text{кр}} = 2.377 \times 10^{-8} \frac{\text{H}}{\text{м}}$$

Для осьової сили:

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

$$P_0 := 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad P_0 = 7.506 \times 10^{-3} \text{ Н}$$

015 Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК

Horizon 110 Переход 7

Швидкість різання - колова швидкість фрези:

$$V_{\phi} := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot i^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Де:

V_{ϕ} - швидкість різання при фрезеруванні, м/хв

D - діаметр фрези, мм.

T - період стійкості інструмента, хв

S_z - подача, мм/зуб

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

B, t - ширина і глибина різання, мм

Z - число зубів інструменту

C_v, q, y, m, x, u, p - коефіцієнт і показники степеня.

$$C_v := 46.7 \quad q := 0.45 \quad x := 0.5 \quad y := 0.5 \quad u := 0.1 \quad p := 0.1 \quad m := 0.33$$

$$D := 40 \text{ мм} \quad B := 37 \text{ мм} \quad t := 3 \text{ мм} \quad S_z := 0.06 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \quad Z := 4$$

$$T := 15 \text{ мин}$$

$$K_v = 0.361$$

$$V_{\phi} := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad V_{\phi} = 51.832 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота обертання інструменту при фрезеруванні, об/хв:

$$n := \frac{V_{\phi} \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad n = 412.465 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

В результаті: $n := 600 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Фактична швидкість різання: $V := \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad V = 75.398 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

Головна складова сил різання при фрезеруванні - колова сила, Н:

$$P_z := \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p$$

Де:

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки

n - частота обертання фрези об/хв

$$K_p := K_{mv}$$

$$C_p := 68.2 \quad x := 0.86 \quad y := 0.72 \quad u := 1 \quad q := 0.86 \quad w := 0$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

33

$$P_z := \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p$$

$$P_z = 258.800 \text{ Н}$$

Таблиця 2.5. Режими різання

Назва переходу	Режими різання			
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
005 Токарна з ЧПК				
Підрізати торець зі сторони «Ж» в розмір 47 мм	3	0,15	300	94
Прорізати уступ Ø94Н11	2,2	0,2	200	59
Попередньо розточити отвір до Ø51,5 мм	3	0,25	630	102
Точити фаски 1x45° в отворі і канавці	1	0,25	350	140
010 Токарна з ЧПК				
Підрізати торець «Е» в розмір 45,5 мм	2,5	0,2	500	118
Підрізати другий торець зі сторони торця «Е» в розмір 35,7 мм	2,5	0,2	300	94
Попередньо точити поверхню до Ø70,5 мм	2,5	0,25	420	94
Проточити канавку «І» розміром 3x3 мм	1	0,15	500	112
Зняти фаску 1x45°	1	0,15	500	112
015 Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК				
Свердлити 4 отвори Ø17 мм	8,5	0,28	430	23
Цекувати 4 отвори Ø28x20,5 мм	5,5	0,26	200	17
Свердлити 4 отвори Ø5 мм під різьбу М6-7Н	2.5	0,06	1700	22

Виконати фаску «Ж» Ø6,3 <120°	1	0,2	1500	30
Свердлити отвір Ø6 на довжину 35 мм	3	0,1	1000	20
Цекувати отвір «Ж» Ø13H11 на довжину 1,85мм	3,5	0,2	500	22
Фрезерувати фаску під кутом 30°	10	0,25	400	50
Нарізати різьбу М6-7Н	1	1	530	10

025 Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК

Фрезерувати першу бокову площину квадрата	3,5	1,6	640	200
Фрезерувати фаску 2x45°	2	2,8	1300	250
Свердлити отвір Ø5 мм під різьбу М6-7Н	2,5	0,06	1700	22
Зняти фаску в отворі під різьбу Ø6,3 <120°	1	0,2	1500	30
Нарізати різьбу М6-7Н	1	1	530	10
Фрезерувати другу бокову площину квадрата	3,5	1,6	640	200
Фрезерувати фаску 2x45°	2	2,8	1300	250
Фрезерувати третю бокову площину квадрата	3,5	1,6	640	200
Фрезерувати фаску 2x45°	2	2,8	1300	250
Фрезерувати четверту бокову площину квадрата	3,5	1,6	640	200
Фрезерувати фаску 2x45°	2	2,8	1300	250
Свердлити отвір Ø9 мм під різьбу М10x1-7Н	1	0,1	2100	60
Зняти фаску в отворі Ø10,5 <120°	1	0,16	2000	60
Нарізати різьбу М10x1-7Н	1	1	40	1,3

045 Внутрішньошліфувальна				
Шліфувати отвір Ø52H7	0,25	4,5	9000	1130
050 Круглошліфувальна				
Шліфувати торець «Ж» в розмір 45,3 _{-0,1}	0,2	1,2	2200	2100
Шліфувати торець уступа в розмір 35,3 _{-0,1}	0,4	1,2	2200	2100
Шліфувати поверхню Ø70h6	0,5	0,6	2200	2100
055 Круглошліфувальна				
Шліфувати торець «Ж» в розмір 45 _{-0,05} з вихожуванням до чистоти	0,2	0,3	1300	2100
Шліфувати торець «Е» в розмір 45 _{-0,1} з вихожуванням до чистоти	0,1	0,4	1300	2100
060 Токарна				
Точити канавку Ø70к6	1	0,25	250	140

2.6. Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі

Розрахунок часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі визначаємо для операції 015.

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

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мв}, \quad (2.1)$$

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]:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (2.2)$$

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

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]:

$$T_{mv} = T_{mv.u} + T_{mv.x}, \quad (2.3)$$

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

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

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

$$T_{mv.x} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{xxj}}{S_{mj}}, \quad (2.4)$$

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

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

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

Схема обробки на операції 015 приведена на рис.2.1.

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 (2.1 – 2.4) приведені у табл.2.6.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

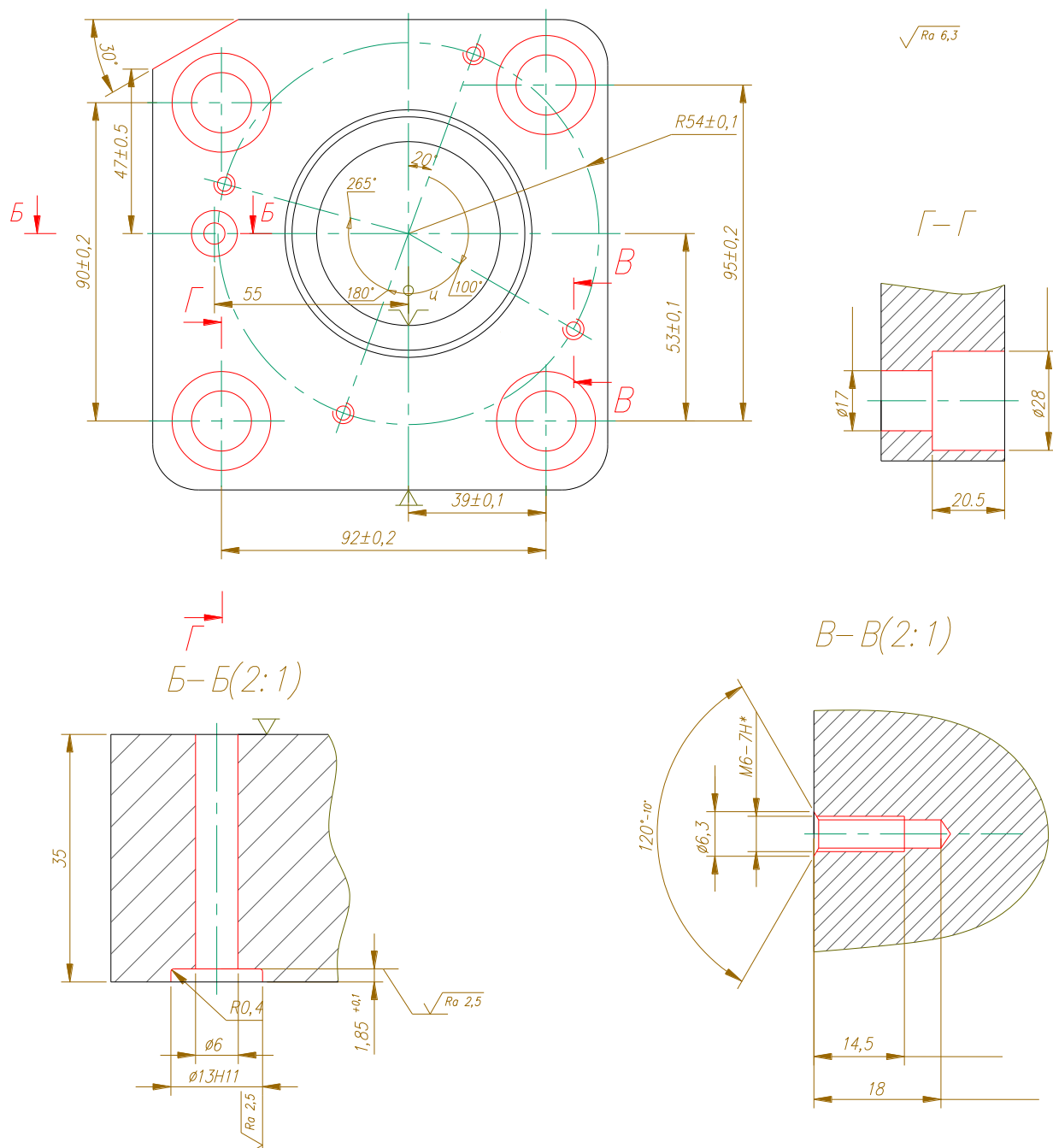


Рис. 2.1. Схема обробки для визначення часу автоматичного циклу роботи верстата по програмі

Таблиця 2.6. 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_{me} , хв
Заміна та підвід інструменту для свердління отворів	-	-	-	0,17

Свердлити 4 отвори Ø17 мм	4x44=176	120,4	1,46	-
Переміщення інструменту між отворами	90+90+92=272	25000	-	0,012
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Цекувати 4 отвори Ø28x20,5 мм	4x23,5=94	52	1,807	-
Переміщення інструменту між отворами	90+90+92=272	25000	-	0,012
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Свердлити 4 отвори Ø5 мм під різьбу М6-7Н	4x22=88	102	0,86	-
Переміщення інструменту між отворами	73+80+82=235	25000	-	0,009
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Виконати фаску «Ж» Ø6,3 <120° в чотирьох отворах	4x4=16	300	0,053	-
Переміщення інструменту між отворами	73+80+82=235	25000	-	0,009
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Свердлити отвір Ø6 на довжину 35 мм	40	100	0,4	-
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Цекувати отвір «Ж» Ø13Н11 на довжину 1,85мм	4	100	0,04	-

Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Фрезерувати фаску під кутом 30°	35	100	0,35	-
Відвід інструменту, його заміна і підвід	-	-	-	0,17
Нарізати різьбу М6-7Н в чотирьох отворах	4x16=64	530	0,121	
Переміщення інструменту між отворами	73+80+82=235	25000	-	0,009
Відвід інструменту і його заміна	-	-	-	0,17
Сумарний час роботи верстата	-	-	5,091	1,581

Час циклу автоматичної роботи верстата по програмі:

$$T_{ц.а.} = 5,091 + 1,581 = 6,672 \text{ хв}$$

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір комплексу рухів, по забезпеченню виробничого циклу на верстаті

На верстаті повинні виконуватись наступні технологічні операції з чотирьох сторін:

- свердлильні (свердління, zenкерування та розвертання отворів з осями паралельними до центральної осі, а також нарізання різьби мітчиками);
- фрезерні (фрезерування площин, пазів, уступів, вікон, а також контурне фрезерування, фрезерування канавок);
- розточувальні (розточування циліндричних та конічних отворів, підрізання торців, розточування канавок).
- токарні (точіння зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних та фасонних поверхонь).

Схеми формоутворення представлені у табл. 3.1.

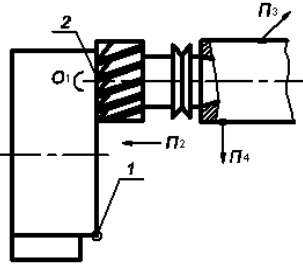
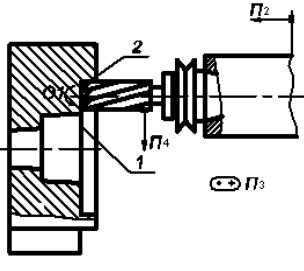
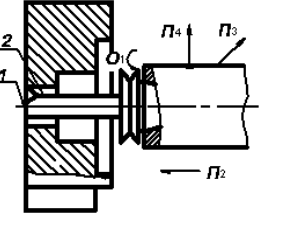
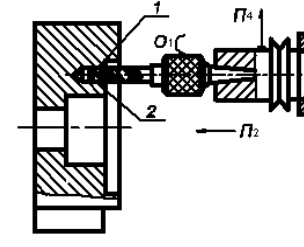
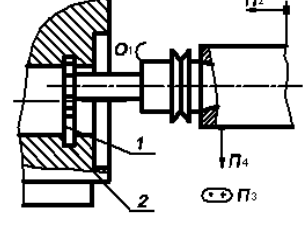
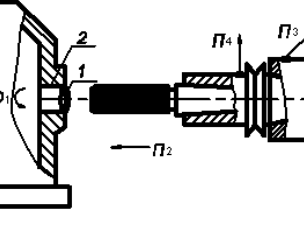
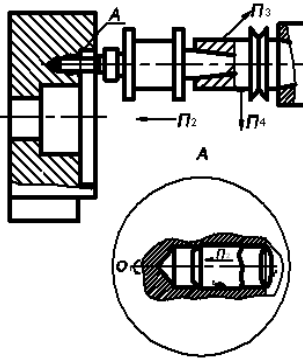
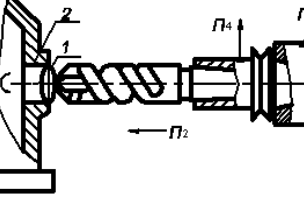
Окрім того, верстат повинен мати механізми автоматичної заміни заготовок та інструменту. Також має забезпечуватися видалення стружки із зони обробки та можливість умонтування верстату в автоматичні комплекси, керовані ЕОМ.

Виходячи із формоутворення поверхонь для виконання передбачених операцій (табл. 3.1) необхідно забезпечити наступний набір рухів:

- $\Phi_v(O_1)$ – обертання шпинделя з інструментом;
- $\Phi_{s1}(P_2)$ – подача інструмента вздовж осі шпинделя;
- $\Phi_{s2}(P_3)$ – поперечна подача інструмента;
- $\Phi_{s3}(P_4)$ – вертикальна подача інструмента;
- $\Phi_{s4}(O_5)$ – обертання заготовки навколо осі стола.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розробив	Євчук В.Д.								Н		42	21	
Перевірів	Буховець В.М.								ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41				
Н. контр.	Кобельник В.Р.												
Затв.	Крупа В.В.												

Таблиця 3.1. Схеми формоутворення поверхонь деталей на верстаті

СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ	Відтворюючі лінії та методи		СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ	Відтворюючі лінії та методи	
1.	1.Твірна : метод сліду $\Phi=1$ 2. Напрямна : метод дотику $\Phi=2$		2.	1. Твірна : метод копіювання $\Phi=0$ 2. Напрямна : метод дотику $\Phi=2$	
	Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи		Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи
$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$	$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_3, P_4)$		$Уст(P_2)$
3.	1.Твірна : метод сліду $\Phi=1$ 2.Напрямна : метод сліду $\Phi=1$		4.	1.Твірна : метод сліду $\Phi=1$ 2.Напрямна : метод сліду $\Phi=1$	
	Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи		Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи
$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$	$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$
5.	1. Твірна : метод копіювання $\Phi=0$ 2. Напрямна : метод дотику $\Phi=2$		7.	1.Твірна : метод сліду $\Phi=1$ 2.Напрямна : метод сліду $\Phi=1$	
	Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи		Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи
$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_3, P_4)$		$Уст(P_2)$ $Вр(P_4)$	$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$
6.	1. Твірна : метод копіювання $\Phi=0$ 2.Напрямна : метод сліду $\Phi=1$		8.	1.Твірна : метод сліду $\Phi=1$ 2.Напрямна : метод сліду $\Phi=1$	
	Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи		Формоут- ворюючі рухи	Допоміжні рухи
$\Phi_V(O_1, P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$	$\Phi_V(O_1)$ $\Phi_\Phi(P_2)$		$Уст(P_3)$ $Уст(P_4)$

3.2. Розробка кінематичної схеми верстата

Розроблена кінематична схема багатоцільового верстату з ЧПК з горизонтальним приведена на рис. 3.1.

Головний рух. Головний рух – обертання шпинделя від регульованого електродвигуна М1 змінного струму. Через дві клинописові передачі обертовий момент від двигуна передається на вал 1. Вал 1 зв'язаний із шпинделем 2 рухомим шліцевим з'єднанням.

Передаточне відношення обох клинопасових передач рівне одиниці. Датчиком зворотного зв'язку по швидкості служить тахогенератор, розташований у двигуні. Дискретність частоти обертання – 5об/хв. Діапазон частот обертання двигуна – 1...9500 об/хв.

Розтиск інструментів в шпинделі здійснюється гідроциліндром ГЦ7, а розтиск – набором тарілчастих пружин.

Контроль закриття робочої зони – ИП27. Контроль положення гідроциліндра для зняття зусилля заклинювання з механізму затиску інструменту в автооператорі – ИП1-1. Контроль переміщення штока, який стискає тарілчасті пружини – ИП1-2, ИП1-3. Контроль повороту шпинделя в положення необхідне для заміни інструменту – ИП1-4. Кінцеві вимикачі для гідроциліндра, фіксуючого обертання шпинделя – ИП1-5, ИП1-6. Кінцеві вимикачі для приводу подачі пінолі – ИП1-7...ИП1-10. Контроль переміщення гайки вимірювальний перетворювач індукційного типу – ИП1-11.

Зворотній зв'язок здійснюється за допомогою лінійних індуктивних вимірювальних перетворювачів ИП1-11, ИП1-12, ИП1-13 з дискретністю вимірювання – 1 мкм.

Привід поздовжньої, поперечної та вертикальної подачі. Поздовжня подача здійснюється за рахунок переміщення пінолі із шпинделем. Вертикальна – за рахунок переміщення шпиндельної бабки у вертикальному напрямку всередині стійки, поперечна – за рахунок переміщення стійки в горизонтальному напрямку по напрямних, закріплених в станині.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

Всі приводи подач по осях здійснюються від вентиляльних електроприводів М2, М3 і М4 змінного струму. Крутний момент передається через муфти на ходові гвинти з кроком $p=10\text{мм}$, по яких поступально рухаються гайки кочення. Зміна подачі проводиться за рахунок регулювання частот обертання вала двигуна в границях $1 \dots 10000 \text{ мм/хв}$. Прискорена подача – 25 м/хв .

Блокувальні вимикачі для обмеження ходу по кожній координаті і виведення в нульову точку – ИП5...ИП18.

Поворот стола. Від електродвигуна М5 обертання передається через муфту на черв'ячну передачу $z=1 - z=80$. На стіл обертовий момент передається через муфту, яка роз'єднується при зміні столів. Відтискання стола при заміні здійснюється гідроциліндром ГЦ9. Затиск стола здійснюється за допомогою пакета тарілчастих пружин.

Зворотній зв'язок по куту повороту стола здійснюється вимірювальним перетворювачем ИП4 з дискретністю ± 5 секунд.

Заміна столів проводиться гідроциліндром ГЦ6 за допомогою рейкової передачі.

Заміна інструменту. Обертання автооператора здійснюється від гідроциліндрів ГЦ1 і ГЦ2 через рейкову передачу, а осьовий рух автооператора від гідроциліндра ГЦ3. Роз тиск захвата автооператора проходить за допомогою гідроциліндрів: ГЦ8, який розташований в шпіндельній бабці; ГЦ5, який розташований в інструментальному магазині.

Контроль звільнення захвата автооператора здійснюється ИП24, ИП25. Вимірювальний перетворювач ИП4-1 контролює кінцеве положення автооператора, ИП4-2, ИП4-3, ИП4-4 – контролює положення зубчастого колеса, ИП4-5, ИП4-6 – контролює стан механізму затиску інструменту, ИП4-7...ИП4-10 – це кінцеві вимикачі гідроциліндрів повороту руки автооператора.

Інструментальний магазин. Поворот магазина здійснюється від електродвигуна М6.

Вимірювальні перетворювачі: ИП5-1, ИП5-2 – контроль наявності чи відсутності оправки в гнізді інструментального магазина.; ИП5-3, ИП5-4 –

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

контроль положення гідро циліндра, що затискає і розтискає механізм затиску автооператора; ИП5-5, ИП5-6 – контроль положення гідроциліндра, що затискає і розтискає механізм фіксації оправки інструментального магазину; ИП5-7 – контроль розташування інструменту по позиціях (кут повороту інструментального магазину); ИП5-8 – контроль положення гідроциліндра, що затискає і розтискає механізм фіксації оправки інструментального магазину; ИП5-9, ИП5-10 – кінцеві вимикачі, що зупиняють механізм фіксації корпуса інструментального магазину.

Транспортування стружки. Здійснюється від електродвигуна М7. Подача масла до вузлів верстата і подача ЗОР в зону різання здійснюється від електродвигунів М7 і М8 через нерегульовані насоси. Контроль рівня масла здійснюється ИП20, контроль рівня ЗОР – ИП21.

3.3. Розрахунок потужності і вибір двигуна приводу головного руху

Для вибору двигуна приводу головного руху проведемо розрахунок силових факторів. Прийmemo найбільш важкі умови обробки: матеріал заготовки – жаростійка сталь; матеріал інструменту – твердий сплав; вид обробки – чорнове фрезерування торцевою фрезою.

Швидкість різання за [7] визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (3.1)$$

де D – діаметр фрези, мм;

T – період стійкості інструменту, хв;

S_z – подача фрези на зуб, мм/зуб;

B, t – ширина і глибина фрезерування, мм;

z – число зубів фрези;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання;

C_v, q, y, m, x, u, p – коефіцієнт і показники степеня;

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{nv}, \quad (3.2)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{nv} – коефіцієнт на стан поверхні заготовки.

Коефіцієнт на оброблюваний матеріал:

$$K_{mv} = K_z \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \quad (3.3)$$

де K_z – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

n_v – показник степеня;

σ_s – границя міцності на розтяг.

Схема дії сил при фрезеруванні приведена на рис. 3.2.

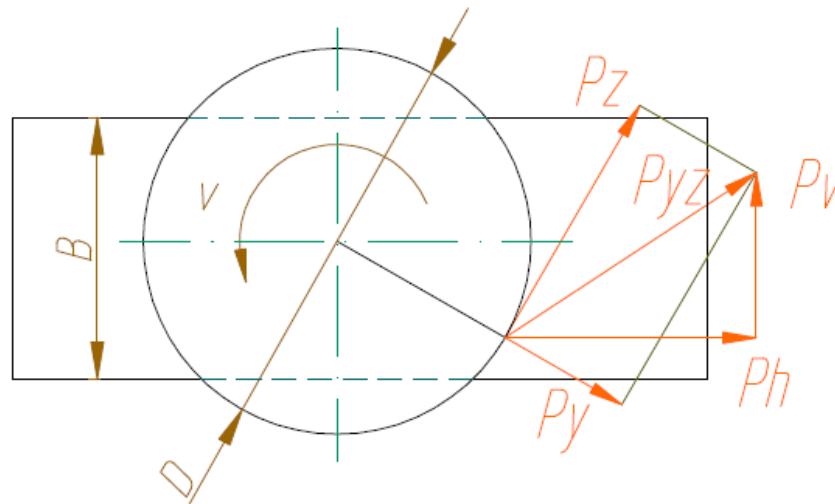


Рис. 3.2. Схема дії сил при торцевому фрезеруванні

Головна складова сили різання при фрезеруванні за [7] визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.4)$$

де n – частота обертання фрези, об/хв;

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

K_p – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує фактичні умови різання;

Загальний поправочний коефіцієнт на силу різання $K_p = K_{mv}$.

Розрахунок швидкості різання та сили різання проводився в пакеті прикладних програм Mathcad.

The screenshot shows a Mathcad worksheet with the following content:

MPa := 10⁶Pa $\sigma_B := 750 \text{ MPa}$ $n_v := 0.9$ $K_r := 0.85$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750 \text{ MPa}}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad K_{mv} = 0.850$$

$$K_{nv} := 1$$

$$K_{lv} := 1$$

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

$$K_v = 0.850$$

$C_v := 332$ $q := 0.2$ $x := 0.1$ $y := 0.4$ $u := 0.2$ $p := 0$ $m := 0.2$

$D := 200 \text{ мм}$ $B := 160 \text{ мм}$ $t := 4 \text{ мм}$ $S_z := 0.05 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$ $Z := 20$

$T := 240 \text{ мин}$

$$V_\phi := \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad V_\phi = 284.513 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота обертання інструменту при фрезеруванні, об/хв:

$$n := \frac{V_\phi \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad n = 452.817 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

В результаті: $n := 452 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Фактична швидкість різання: $V := \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad V = 284.000 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

$$K_p := K_{mv}$$

$$C_p := 825 \quad x := 1 \quad y := 0.75 \quad u := 1.1 \quad q := 1.3 \quad w := 0.2$$

$$P_z := \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p \quad P_z = 4.735 \times 1 \text{ Н}$$

Вибір електродвигуна приводу головного руху здійснюється по потужності. Розрахунок потужності, що споживається із мережі електродвигуном головного руху виконується за формулою [9]:

$$N_{\Sigma} = N_{ef} + N_{dod} + N_{xx}, \quad (3.5)$$

де N_{ef} – потужність, що споживається процесом різання (ефективна потужність);

N_{dod} – додаткові втрати, що появляються при передачі корисної потужності;

N_{xx} – потужність, яка споживається верстатом на холостому ходу.

Потужність, що споживається процесом різання (ефективна потужність) визначається за формулою:

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (3.6)$$

Підставивши значення у залежність (3.6) отримаємо:

$$N_{ef} = \frac{4734 \cdot 284}{1020 \cdot 60} = 22 \text{ кВт.}$$

Додаткові втрати, що появляються при передачі корисної потужності визначаються за залежністю [9]:

$$N_{dod} = N_{ef} \cdot \left(\frac{1 - \eta_{np}}{\eta_{np}} \right), \quad (3.7)$$

де η_{np} – коефіцієнт корисної дії приводу.

Коефіцієнт корисної дії приводу головного руху визначається за залежністю:

$$\eta_{np} = \eta_{nid}^2 \cdot \eta_{nac}^2, \quad (3.8)$$

де $\eta_{nid} = 0,99$ – коефіцієнт корисної дії підшипника;

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$\eta_{nac} = 0,98$ – коефіцієнт корисної дії пасової передачі.

Підставивши дані у залежність (3.8) отримаємо:

$$\eta_{np} = (0,99)^2 \cdot (0,98)^2 = 0,94.$$

Тоді додаткові втрати, що появляються при передачі корисної потужності:

$$N_{доd} = 22 \cdot \left(\frac{1 - 0,94}{0,94} \right) = 1,37 \text{ кВт.}$$

Потужність, яка споживається верстатом на холостому ходу визначається за залежністю [9]:

$$N_{xx} = \frac{K_m \cdot d_{cp}}{10^6} \cdot \left(\sum_{i=1}^k n_k + K_u \cdot \frac{d_u}{d_{cp}} \cdot n_{un} \right), \quad (3.9)$$

де n_{un} – частота обертання шпинделя;

$K_u = 15$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в опорах шпинделя;

$K_m = 30$ – коефіцієнт, що враховує складність конструкції приводу;

$d_{cp} = 140$ мм – середній діаметр валів приводу;

$d_{un} = 100$ мм – середній діаметр шпинделя під підшипниками.

n_i – частота обертання проміжного валу.

Підставивши значення у формулу (3.9) отримаємо:

$$N_{xx} = \frac{30 \cdot 140}{10^6} \cdot 15 \cdot \frac{100}{140} \cdot 452 = 4,31 \text{ кВт.}$$

Сумарна споживана потужність:

$$N_{\Sigma} = 22 + 1,37 + 4,31 = 27,65 \text{ кВт.}$$

Вибираємо асинхронний частотно-регульований двигун для приводу головного руху моделі DMQ132.XL [10] фірми Franz Kessler з потужністю в режимі S6-25 32 кВт (в режимі S6-40 – 27 кВт) номінальною частотою обертання 1000 об/хв та максимальною частотою обертання 9500 об/хв у стандартному виконанні.

Діаграма потужності двигуна в різних режимах роботи приведена на рис.3.3.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

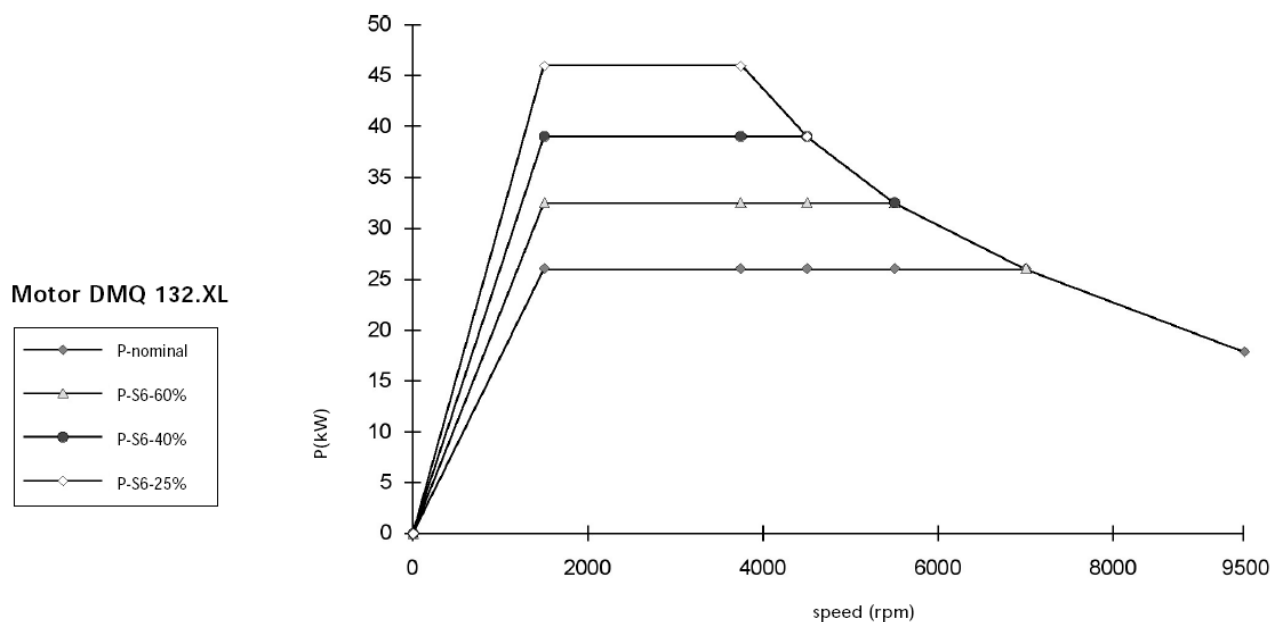


Рис. 3.3. Діаграма потужності двигуна приводу головного руху

3.4. Конструкція та розрахунок шпиндельного вузла верстата

3.4.1. Основне призначення шпиндельного вузла

В якості об'єкта проектування приймаємо вмонтований шпиндельний вузол багатоцільового верстата, який повинен забезпечувати високу жорсткість і швидкохідність для верстатів класу точності П. Так як багатоцільові верстати призначені для повної (або майже повної) обробки деталей, то необхідно закласти в характеристики шпиндельного вузла можливості, які б забезпечували чорнові і чистові режими різання для заданих матеріалів.

Прийняте призначення шпиндельного вузла накладає однозначні вимоги до конфігурації переднього кінця і внутрішньої поверхні шпинделя, що визначаються по ГОСТ 15945-82, ОСТ У26-1-82.

3.4.2. Технічні характеристики шпиндельного вузла

Шпиндельний вузол характеризується наступними параметрами [11]:

- швидкохідність;

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

- жорсткість;
- точність обертання;
- можливість встановлення попереднього натягу;
- навантажувальна здатність;
- хороша динаміка;
- теплостійкість;
- ресурс роботи.

Приймемо діаметр шийки шпинделя під передній підшипник $d = 80$ мм. Швидкохідність шпиндельного вузла прийнято оцінювати по добутку $d \cdot n$, або $d_{\text{ш}} \cdot n$, де d – діаметр шийки шпинделя в передній опорі; n – частота обертання шпинделя; $d_{\text{ш}}$ – середній діаметр підшипника, встановленого в передній опорі [11]. Середній діаметр підшипника, встановленого в передній опорі $d_{\text{ш}} = (D + d)/2 = (120 + 80)/2 = 100$ мм. При максимальній частоті обертання шпинделя $n_{\text{max}} = 9500$ хв⁻¹ параметр $d_{\text{ш}} \cdot n = 100 \cdot 9500 = 0,95 \cdot 10^6$ мм·хв⁻¹.

3.4.3. Розрахунок радіального зміщення переднього кінця шпиндельного вузла

Шпиндельний вузол має три опори. Для розрахунку на жорсткість приймається, що шпиндель двохопорний виходячи з того, що вплив задньої (третьої) опори не перевищує 1...3 відсотків [11].

Геометрія тіла спроектованого шпинделя приведена на рис. 3.4. Діаметр шийки шпинделя під передню опору $d_2 = 80$ мм, модуль пружності першого роду $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Жорсткість задньої опори (діаметр шийки під радіально-упорний підшипник $d = 80$ мм) приймемо за рекомендаціями виробника [11] $j_2 = 200$ Н/мкм. За рекомендаціями виробника [11] жорсткість передньої опори $j_1 = 1,8 \cdot j_2 = 1,8 \cdot 200 = 360$ Н/мкм.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

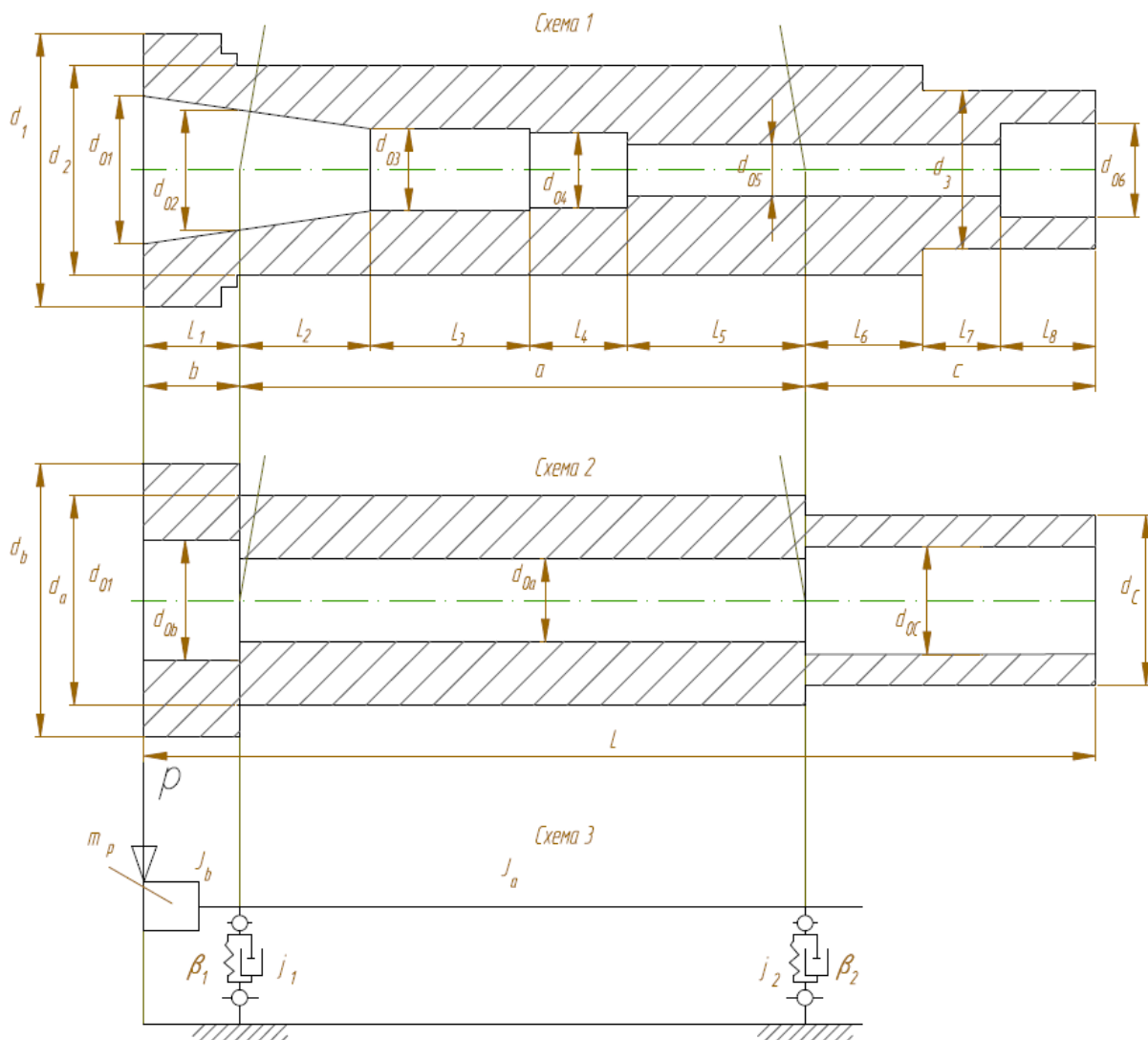


Рис. 3.4. Розрахункова схема шпинделя для визначення радіальної жорсткості

Для визначення моментів інерції різних ділянок шпинделя необхідно перейти до єдиних діаметрів на відповідних ділянках.

Середні діаметри отворів:

$$d_{ob} = \frac{d_{01} + d_{02}}{2} = \frac{54 + 46}{2} = 50 \text{ мм};$$

$$d_{oa} = \frac{\left(\frac{d_{02} + d_{03}}{2} \right) \cdot l_2 + d_{03} \cdot l_3 + d_{04} \cdot l_4 + d_{05} \cdot l_5}{l_2 + l_3 + l_4 + l_5} =$$

$$= \frac{\left(\frac{46 + 30}{2} \right) \cdot 60 + 30 \cdot 60 + 28 \cdot 36 + 22 \cdot 90}{60 + 60 + 36 + 90} = 30 \text{ мм};$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

54

$$d_{oc} = \frac{d_{05} \cdot (l_6 + l_7) + d_{06} \cdot l_8}{l_6 + l_7 + l_8} = \frac{22 \cdot (215 + 265) + 42 \cdot 235}{215 + 265 + 235} = 27 \text{ мм.}$$

Середні діаметри поверхонь:

$$d_b = d_1 = 110 \text{ мм}; \quad d_a = d_2 = 80 \text{ мм};$$

$$d_c = \frac{d_2 \cdot l_6 + d_3 \cdot (l_7 + l_8)}{l_6 + l_7 + l_8} = \frac{80 \cdot 215 + 60 \cdot (265 + 235)}{215 + 265 + 235} = 70 \text{ мм.}$$

Моменти інерції консольної і міжопорної частини:

$$J_b = \frac{\pi}{64} \cdot (d_b^4 - d_{ob}^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (0,11^4 - 0,05^4) = 6,85 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$J_a = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_{oa}^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (0,08^4 - 0,03^4) = 1,97 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

Прогин від одиничної сили, прикладеної до кінця шпинделя визначиться за залежністю:

$$y_{11} = \left(\frac{(a+b)^2}{j_1 \cdot a^2} + \frac{b^2}{j_2 \cdot a^2} + \frac{b^3}{3 \cdot E \cdot J_b} + \frac{a \cdot b^2}{3 \cdot E \cdot J_a} \right), \quad (3.10)$$

Підставивши значення у залежність (3.10) отримаємо:

$$y_{11} = \left(\frac{(240 + 40)^2}{0,36 \cdot 10^6 \cdot 240^2} + \frac{40^2}{0,2 \cdot 10^6 \cdot 240^2} + \frac{40^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 6,85 \cdot 10^6} + \frac{240 \cdot 40^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,97 \cdot 10^6} \right) =$$

$$= 8,68 \cdot 10^{-6} \text{ мм} = 8,68 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}$$

3.4.4. Визначення оптимальної віддалі між опорами шпинделя

Конструктивні параметри шпиндельного вузла значно впливають на його жорсткість. Раціональний вибір цих параметрів дозволяє отримати оптимальні характеристики жорсткості шпиндельного вузла [11].

При наближених проектних розрахунках шпиндель заміняють балкою на двох опорах із силою F , прикладеною на консолі, тобто на віддалі b від середини передньої опори [11].

Загальна податливість шпиндельного вузла визначається за залежністю [11]:

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

$$k = \frac{b^2}{3E} \left[\frac{b}{J_b} + \frac{a(1-\varepsilon)}{J_a} \right] + k_1 \left[\frac{b(1-\varepsilon)+a}{a} \right]^2 + k_2(1-\varepsilon) \left(\frac{b}{a} \right)^2, \quad (3.11)$$

де k_1, k_2 – податливості відповідно передньої і задньої опор шпинделя;

ε – коефіцієнт, що враховує наявність в передній опорі моменту защемлення.

Виходячи із критерію отримання мінімальної податливості рівняння (3.11) диференціюється по a і прирівнюється до нуля: $dk/da = 0$. В результаті отримується рівняння третього порядку для визначення a_{opt} :

$$a^3 - \left[\frac{6EI_a k_1}{b} a + 6EI_a (k_1(1-\varepsilon) + k_2) \right] = 0. \quad (3.12)$$

Рівняння (3.12) розв'язувалось за допомогою пакета прикладних програм Mathcad.

Mathcad Professional - [OPT_VIDDAL]

Файл Правка Вид Вставка Формат Математика Символы Окно ?

Normal Arial 10 B I U

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МІЖОПОРНОЇ ВІДДАЛІ

$E := 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ $b := 40 \text{ мм}$ $I_a := 1970000 \text{ мм}^4$

$\varepsilon := 0.15$ $k_1 := 2.78 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н}$ $k_2 := 5 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н}$

Перше наближення

$a := 300$

Рівняння для визначення оптимальної міжопорної віддалі

$f(a) := a^3 - \frac{6 \cdot E \cdot I_a \cdot k_1 \cdot a}{b} - 6 \cdot E \cdot I_a \cdot [k_1 \cdot (1 - \varepsilon) + k_2]$

Оптимальна міжопорна віддаль

$\text{root}(f(a), a) = 460.64 \text{ мм}$

Визначення міжосьової віддалі та зміна жорсткості шпинделя в залежності від зміни міжосьової віддалі від 250 до 600 мм проводилося за допомогою пакета прикладних програм Mathcad.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПЕРЕДНЬОГО КІНЦЯ ШПИНДЕЛЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

$$E := 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad b := 40 \text{ мм} \quad I_b := 6850000 \text{ мм}^4 \quad I_a := 1970000 \text{ мм}^4$$

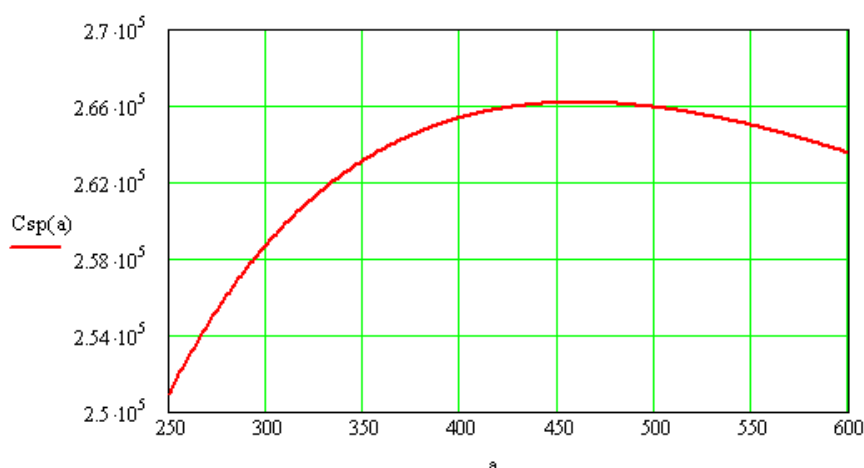
$$\varepsilon := 0.15 \quad k_1 := 2.78 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н} \quad k_2 := 5 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н}$$

$$a := 250..600 \text{ мм}$$

Податливість переднього кінця шпинделя шпиндельного вузла

$$k(a) := \frac{b^2}{3 \cdot E} \cdot \left[\frac{b}{I_b} + \frac{a \cdot (1 - \varepsilon)}{I_a} \right] + k_1 \cdot \left[\frac{b \cdot (1 - \varepsilon) + a}{a} \right]^2 + k_2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \left(\frac{b}{a} \right)^2$$

Жорсткість переднього кінця шпинделя шпиндельного вузла $C_{sp}(a) := \frac{1}{k(a)}$



Жорсткість переднього кінця шпинделя при $l=250 \text{ мм}$ $C_{sp}(250) = 2.509 \times 10^5 \text{ Н/мм}$

3.5. Розробка конструкції пристосування

3.5.1. Розробка схеми пристосування

Пристосування призначене для фрезерування площин і фасок, свердління отворів, нарізання різьби. Тому оброблювані поверхні і зв'язані з ними поверхні не можна використовувати при закріпленні. В якості бази найбільш підходить

отвір Ø52H7. Для запобігання неправильній установці оброблюваної деталі потрібне притискання в бічну поверхню довжиною 35,7 мм. Для закріплення доцільно використовувати гідроциліндр, який повністю притисне деталь площиною «Ж» і виключить розкриття стику та проворот деталі в процесі обробки.

Схема закріплення показана на рис.3.5.

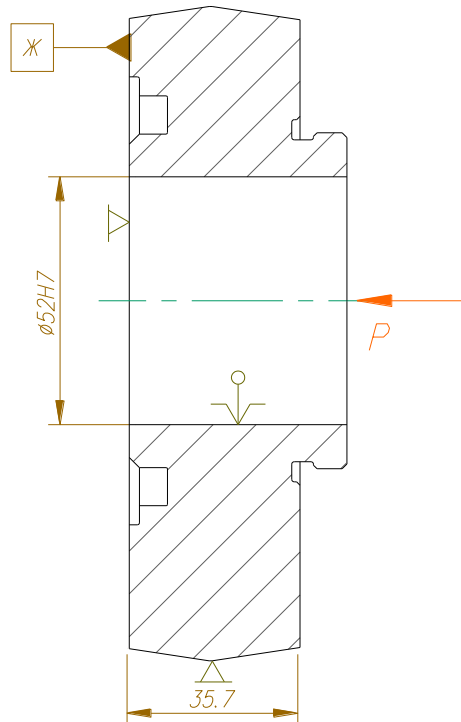


Рис. 3.5. Схема закріплення

3.5.2. Вибір установочних, затискних і інших елементів

При встановленні деталі в пристосування деталь встановлюють на оправку (поз. 5) з упором в торець (див. лист графічної частини). Зовнішня циліндрична поверхня оправки має розмір Ø52f7. Для орієнтації деталі застосовується опора (поз.2). Опора також частково приймає на себе навантаження, яке намагається повернути деталь навколо центру оправки. Як затискний елемент застосовується шайба з вирізом (поз.6), що забезпечує зручне і надійне закріплення деталі, а також легку заміну деталей.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

3.5.3. Розрахунок сил затиску

Розрахункова схема для визначення сил затиску приведена на рис.3.6

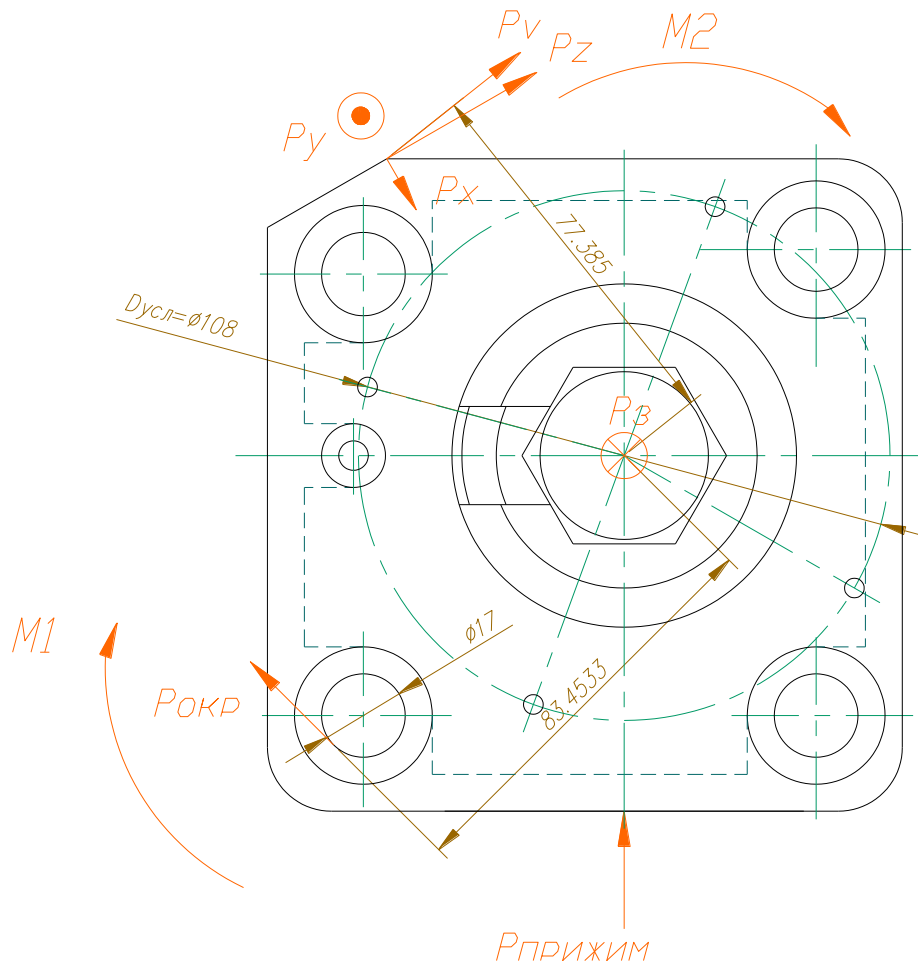


Рис. 3.6. Схема для розрахунку сил затиску

Необхідно виявити, яка з сил різання найнебезпечніша. Відомо, що сили різання розкладаються на три складових – P_z , P_x , P_y . Зазвичай розраховується головна сила різання – P_z . Решта сил знаходиться в залежності від P_z .

Спірним є випадок свердління отвору $\varnothing 17$ і фрезерування кута 30° . По відомому моменту на свердлі визначимо колову силу, тобто P_z . Решта силами нехтуватимемо, так як зсуву в осьовому напрямку протидіє сама оправка, а осьова сила притискує деталь до пристосування:

$$P_{\text{кол}} = \frac{2M_{\text{кр}}}{d_{\text{св}}} = \frac{2 \cdot 26000}{17} = 3058 \text{ Н.}$$

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

Колова сила від фрезерування буде приблизно рівна P_z із-за малого кута між ними, тобто $P_v \cong P_z = 258 \text{ Н}$.

Очевидно, що сила від свердління більша і відстань до центру у неї також більша, тому в якості розрахункової прийmemo її.

Відомо, що тиск масла в гідропідсилювачі $p=10 \text{ МПа}$, тоді нехтуючи тертям, приблизно отримуємо силу зтягування P за залежністю:

$$P = p \cdot A, \quad (3.13)$$

де A – площа тиску масла на поршень.

Площа тиску масла на поршень:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \quad (3.14)$$

де D, d – діаметри циліндра і штока відповідно.

Підставивши значення у формулу (3.14) отримаємо:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (0,07^2 - 0,035^2) = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 2,88 \cdot 10^3 \text{ мм}^2.$$

Сила зтягування:

$$P = 10 \cdot 2,88 \cdot 10^3 = 2,88 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Залишається перевірити чи достатньо цієї сили зтягування.

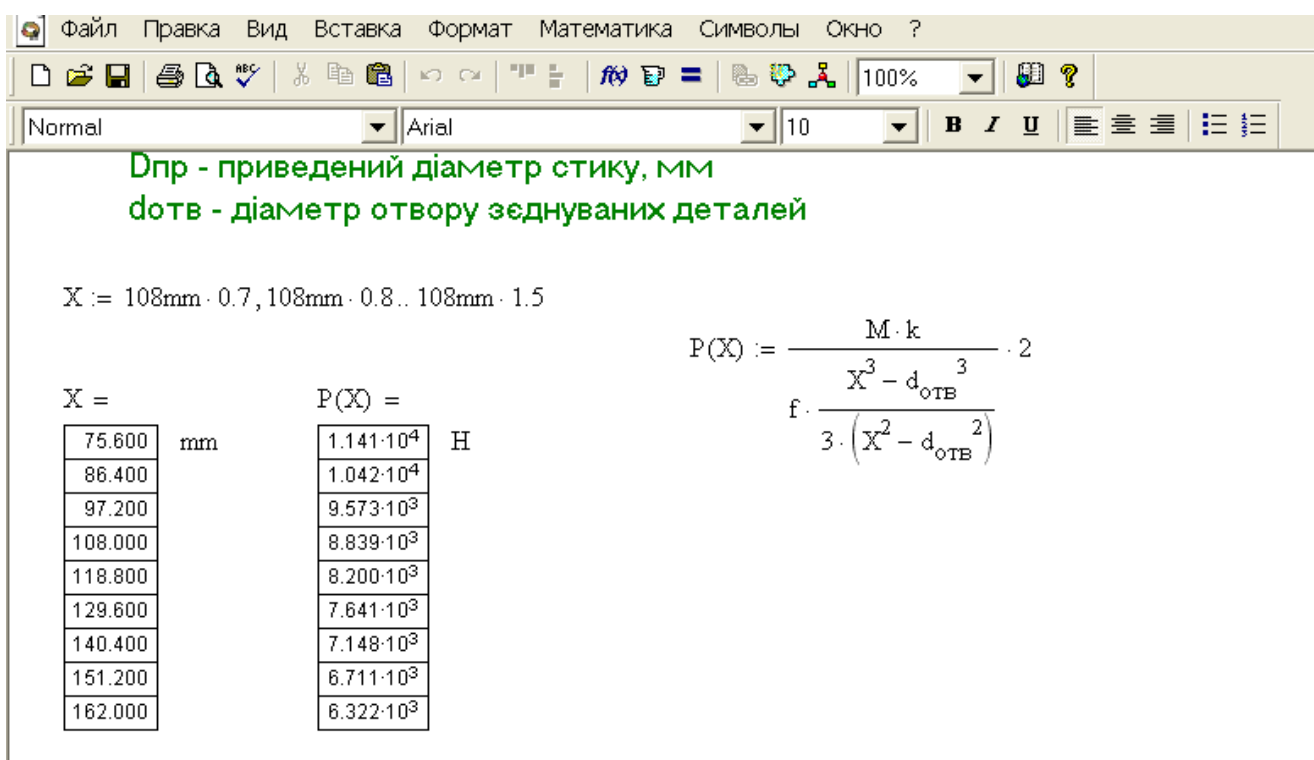
Для цього введемо величину умовного діаметру, оскільки форма деталі близька до квадрата, а центр отвору зміщений. Приймемо за величину $D_{\text{усл}}$ вісь центрів чотирьох різьбових отворів R54.

Якщо взяти силу затиску, яка буде реакцією, помножити її на половину приведенного діаметра $D_{\text{пр}}$ і помножити на коефіцієнт тертя в стику, то отримаємо обертовий момент, помножений на коефіцієнт запасу $k=1,1.1.3$ [12].

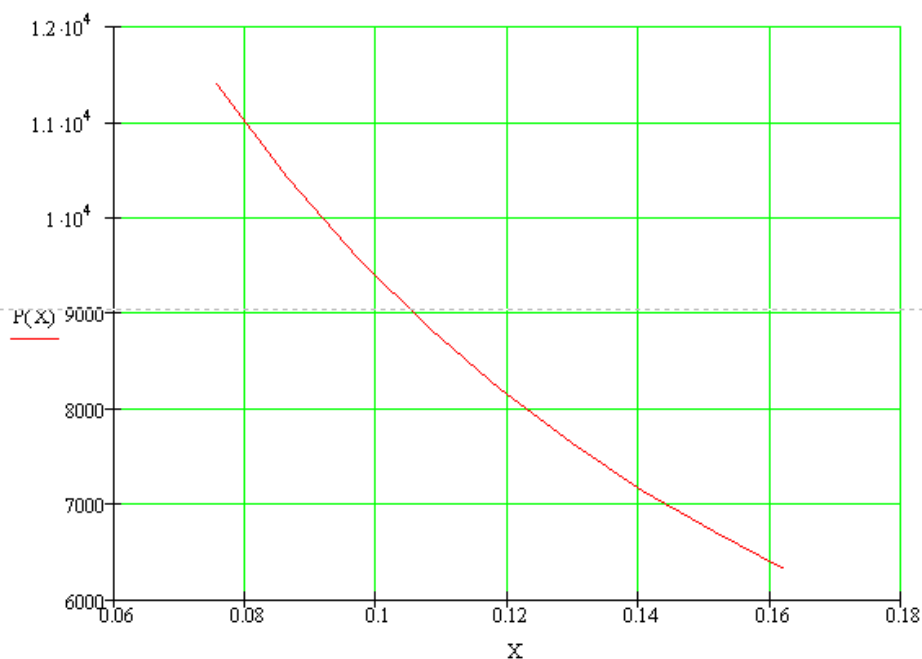
Розрахунок проведемо за допомогою пакета прикладних програм Mathcad.

Тепер подивимося, як веде себе сила зтягування при різних умовних діаметрах. Розрахунок проведемо за допомогою пакета прикладних програм Mathcad.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60



					<i>КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



3.5.4. Опис конструкції і роботи пристрою

Пристосування складається із зварного корпусу (поз. 1). На корпусі встановлені і закріплені оправка (поз. 5), опорна планка (поз. 9), гідроциліндр. У нижній частині корпусу розташована опора (поз. 2).

Деталь встановлюється на оправку отвором і торцем на опорну планку. У бічною поверхня її фіксує в потрібному положення опора. Далі одягається шайба і відкривається подача масла в робочу порожнину гідро циліндра і в результаті відбувається затиск деталі. Запуск масла в іншу порожнину гідроциліндра звільнить затиснуту деталь.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

62

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги до робочого місця оператора багатоцільового верстата та його проектування

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%. [16].

Потрібний стан освітленості забезпечується системою комбінованого освітлення. Для місцевого освітлення використовуються світильники, встановлені на верстаті і відрегульовані так, щоб освітленість робочої зони була не нижче встановлених значень [16].

Параметри мікроклімату. Роботи по обслуговуванню багатоцільового верстата можна віднести до категорії II-б, так як оператору приходить періодично здійснювати огляд і контроль роботи верстата [16].

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°): відносна вологість повітря – не більше 75%; температура повітря – 15-21 °С; температура повітря поза постійними робочими місцями – 13-24 °С; швидкість руху повітря – не більше 0,4 м/с [16].

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ				Лім.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.								Н		63	8
Перевірів	Окіпний І.Б.								ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Затв.	Крупа В.В.											

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% [16].

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.

Електробезпека. 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 електрошаф 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 [16].

Виробничий шум. Шуми у багатоцільовому 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 асинхронного регульованого двигуна, пасових передач і шпиндельного вузла;
- приводи подач мало шумні і включають високомоментні двигуни, з'єднувальні муфти та передачі гвинт-гайка кочення;
- механізми заміни інструменту малошумні, так як в якості приводів використовуються електричні з короткими кінематичними ланцюгами та

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		64

гідравлічні.

Пожежна безпека. Дільниця обробки металів різанням, де встановлюється верстат, повинна бути обладнана засобами пожежної сигналізації, автоматичною системою пожежегасіння, засобами пожежегасіння [16]. 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 [16].

Травмобезпека. Небезпеку для оператора багатоцільового верстату можуть спричиняти [16]:

- пристрої для заміни заготовок;
- пристрої для заміни інструменту;
- інструмент, що обертається;
- рухомі вузли верстата;
- стружка;
- змащувально-охолоджувальна рідина.

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

- виключення присутності людини в робочій зоні в момент роботи верстата;
- робоча зона огорожена захисним огородженням з дверима для доступу до зони обробки;
- при відкриванні дверей багатоцільовий верстат автоматично відключається;
- весь багатоцільовий верстат закритий захисним огородженням, і таким чином оператор захищений від рухомих вузлів;
- візуальний контроль за процесом обробки здійснюється через прозорий захисний екран на дверях.

Ергономічні вимоги. Для оператора, що приймає участь в технологічному

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

процесі обробки деталі, повинно бути передбачене зручне робоче місце. Керування даним верстатом здійснюється через пульт керування. Пульт керування відповідає всім ергономічним вимогам.

Робоче місце оператора багатоцільового верстата приведено на рис. 4.1.

4.2. Правила охорони праці для оператора, який обслуговує багатоцільовий верстат

Вимоги безпеки перед початком роботи на багатоцільовому верстаті:

- оператор верстата повинен переконатися в справності верстата, всього інструменту і устаткування, надіти встановлений по нормах спецодяг і спецвзуття. Одяг слід заправити так, щоб не було вільно звисаючих кінців, застебнути манжети;
- приготувати гачок для видалення стружки, ключі і інший інструмент. Не можна застосовувати гачок у вигляді петлі;
- перевірити наявність і справність кожухів та кришок;
- особливу увагу звертати на надійність кріплення кожухів та кришок, що закривають двигуни приводу стола та шпиндельного вузла;
- перевірити надійність заземлення верстату і його складових частин, правильність роботи блокуючи пристроїв верстату.
- перевірити роботу верстата на холостому ходу: а) справність органів управління; б) справність системи змащування і охолодження

При першопочатковому пуску перевірити дію кнопки «аварійний стоп» з грибовидним штовхачем червоного кольору, розташованою на пульті керування верстатом, що забезпечує відключення всього електрообладнання верстата незалежно від циклу його роботи.

В процесі роботи верстата необхідно дотримуватись загальних вимог безпеки при роботі на металорізальних верстатах, при цьому необхідно:

- періодично перевіряти надійність заземлення верстата і його складових частин;

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

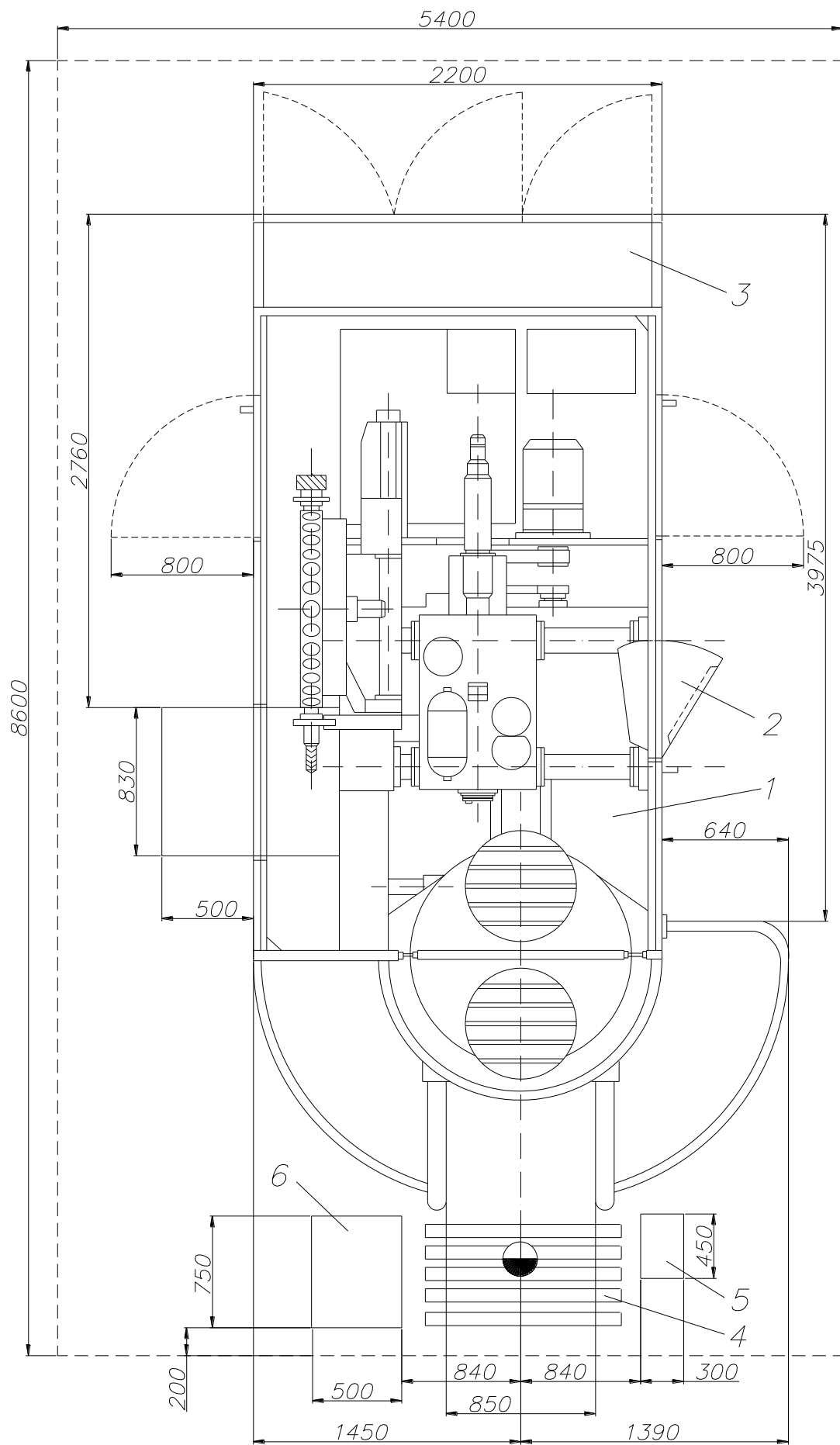


Рис. 4.1. Планування робочого місця оператора проєктованого верстата: 1 – багатоцільовий верстат; 2 – система ЧПК; 3 – стелаж для заготовок та деталей

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ

Арк.

67

- слідкувати за попереджувальною сигналізацією пульта керування і за нормальною освітленістю верстата;
- необхідно керуватися режимами різання, встановленими для даного типу верстатів;
- не включати верстат, якщо який-небудь щит огороження або екран зняті;
- під час роботи верстата забороняється проводити регулювання або налагодження його механізмів;
- не працювати на верстаті без екрана, що закриває зону різання, та кожухів і кришок, що закривають двигуни приводів поперечних, вертикальних та поздовжніх переміщень шпіндельної бабки та механізму заміни столів супутників;
- не працювати при відкритих дверках електрошкафів;
- чищення та обтирання верстату проводити тільки після його зупинки і відключення від електромережі.

4.3. Заходи зі зменшення забруднення довкілля при роботі багатоцільового верстату

У механічних та складальних цехах застосовують різноманітні технологічні процеси, що пов'язані з викидами шкідливих забруднюючих речовин у повітря та водний басейн [16]. Враховуючи це, потрібно визначити основні джерела цих забруднень, їх параметри з тим, щоб прийняти обґрунтовані рішення по знешкодженню або зниженню їхнього шкідливого впливу на довкілля.

Основними джерелами забруднення довкілля при холодній обробці металів на багатоцільовому верстаті є:

- металеві відходи;
- відпрацьована змащувально-охолоджувальна рідина;
- вентиляційне повітря з високим вмістом пилю і дрібної стружки.

Стружку (відходи виробництва) від багатоцільового верстата і робочого місця варто забирати механізованими способами за допомогою різних

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

транспортерів (табл. 4.1) [16]. Потім її сортиують, подрібнюють та брикетують.

Таблиця 4.1. Способи видалення стружки

Вид стружки	Засоби для видалення
Без застосування змащувально-охолоджувальних рідин	
Дрібна дроблена	Одношнекові транспортери
Сталева, що в'ється	Двошнекові транспортери
Сипуча	Вібраційні транспортери
Елементна	Пневматичний транспортер
Стружка будь-якого виду	Пластинчастий транспортер
З застосуванням змащувально-охолоджувальних рідин	
Елементна чавунна	Скребкові транспортери
Елементна сталева	Скребкові і одношнекові транспортери
Елементна й що в'ється кольорових металів	Пластинчасті транспортери, гідротранспортери
Сталева, що в'ється	Двошнекові та пластинчасті транспортери

Відпрацьовані змащувально-охолоджувальні рідини необхідно збирати в спеціальні ємності. Водяну і масляну фази можна використовувати як компоненти для готування емульсій. Масляна фаза емульсій може надходити на регенерацію чи спалюватися. Водяну фазу змащувально-охолоджувальних рідин очищають до гранично-допустимої концентрації чи розбавляють до припустимого вмісту нафтопродуктів і зливають у каналізацію [16].

Вентиляційне повітря перед викидом в атмосферу очищують від стружки (у циклонах або пилоосаджувальних камерах) і від пилу (на фільтрах рукавних або масляних). Концентрація пилу не повинна перевищувати гранично-допустиму концентрацію [16].

Дотримання санітарних норм, які регламентують гранично допустимі величини вібрації, повинно бути обов'язковим на всіх підприємствах. Крім того,

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

дієвими засобами боротьби з вібрацією є поліпшення конструктивних характеристик машин, механізмів, інструменту; впровадження прогресивних методів обробки; дистанційного управління; віброізоляція робочих місць; застосування різних пристосувань для погашення вібрації та індивідуальних засобів захисту працівників [16].

Для боротьби із шумом використовують звукопоглинаючі матеріали, якими обшито всі вузли, що створюють різного роду шуми. Для захисту працюючих від прямої дії шуму застосовують екрани між джерелом шуму і робочим місцем. До засобів індивідуального захисту відносяться вкладиші, навушники і шлеми [16].

					<i>КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						70
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз технологічних вимог на виготовлення деталі, вибрано метод виготовлення заготовки – штампування у відкритих штампах.
2. Приведено конструктивні особливості основних вузлів і механізмів багатоцільового верстату з горизонтальним шпинделем та проведено аналіз конструкції багатоцільових верстатів аналогічного призначення.
3. Розроблено маршрутний техпроцес обробки деталі з використанням багатоцільового верстату з горизонтальним шпинделем. Для всіх операцій технологічного процесу вибрано різальний, та контрольно-вимірювальний інструмент.
4. Розроблено операційну технологію обробки деталі. Проведено розрахунок режимів різання та часу циклу автоматичної роботи багатоцільового верстата з горизонтальним шпинделем по програмі.
5. Розроблено кінематичну схему багатоцільового верстата з горизонтальним шпинделем. Проведено визначення силових параметрів верстата та вибрано асинхронний частотно-регульований двигун для приводу головного руху моделі DMQ132.XL фірми Franz Kessler.
6. Розроблено конструкцію тшпиндельного вузла верстата, який встановлений на трьох опорах із радіально-упорних кулькових підшипників. Прийнято діаметр шийки шпинделя під передню і задню опору 80 мм.
7. Проведено розрахунок радіального зміщення переднього кінця шпинделя від одиничної сили.
8. Визначено оптимальну міжопорну віддаль шпиндельного вузла та радіальну жорсткість його переднього кінця шпиндельного вузла, що становить 250 Н/мкм.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив	Євчук В.Д.				ВИСНОВКИ		
Перевірів	Буховець В.М.						
Н. контр.	Кобельник В.Р.						
Затв.	Крупа В.В.						
						Літ.	Аркуш
						Н	Аркушів
						71	2
						ТНТУ, ФМТ	
						гр. МВ-41	

9. Розроблено конструкцію пристосування на операцію 015. Вибрано установочні і затискні елементи та розраховано сили затиску.

10. Розроблено питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі на багатоцільовому верстаті.

11. Приведено вимоги до робочого місця оператора багатоцільового верстата, правила охорони праці для оператора, який обслуговує багатоцільовий верстат та розроблено заходи зі зменшення забруднення довкілля при роботі багатоцільового верстату

					<i>КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О.М. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету «Технологія машинобудування»/ О.М. Кухарський, І.В. Кушак. – Тернопіль, 2001. – 280 с.
2. Багатоцільовий верстат мод. Horizon 110 фірми Olivetti. Керівництво по експлуатації, 1989. – 258 с.
3. 2204ВМФ4 Верстат свердлильно-фрезерно-розточувальний горизонтальний з ЧПК: призначення і область застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stanki-katalog.ru/sprav_2204vmf4.htm (дата звернення: 18.05.2024).
4. ИР-500 верстат багатоцільовий горизонтально фрезерний обробний центр призначення і область застосування [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://stanki-katalog.ru/sprav_ir500.htm (дата звернення: 18.05.2024).
5. Dynamic CWK400D – CWK500D Bearbeitungszentrum [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.yumpu.com/de/document/read/39506336/starragheckert-cwk-400-d-with-palett-changer-asset-trade> (дата звернення: 18.05.2024).
6. Технологія машинобудування. Посібник довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Навч. посібник / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є, Грицай, М.Л.Кукляк, Я.М. Кусий, В.В. Ступницький, В.А. Яцюк, А.М.Кук, Є.М.Махоркін, В.П. Свіхінський// За ред. І.І. Юрчишина. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка» , 2009. – 528 с.
7. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні / М.П. Ревнівцев, Н.П. Паршина. – Київ: А.С.К., 2006. – 416с.
8. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
9. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.									Н		7	14
Перевірів	Буховець В.М.									ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.												
Затв.	Крупа В.В.												

10. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник . Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
- 11.Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
12. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2024).
13. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.
14. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.
15. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
16. Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнєцова. – Київ: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
17. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
18. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>
19. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

20. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156.

URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.

21. Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.

22. Скляр Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Скляр, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.

23. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvyi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.

24. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.

25. Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). – С. 34–40.

26. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.

27. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБ 22-845.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ДОДАТКИ				Лім.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Євчук В.Д.								Н		75	
Перевірів	Буховець В.М.								ТНТУ, ФМТ гр. МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Затв.	Крупа В.В.											

[illegible]

[illegible]