

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ДВОШПИНДЕЛЬНОГО  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ ПАБ-130

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМ-41  
Торчило Андрій Олегович

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Зубовецька Наталія Тарасівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет** Транспорту та механічної інженерії

**Кафедра** Прикладної механіки та мехатроніки

**Ступінь вищої освіти:** бакалавр

**Галузь знань:** 13 Механічна інженерія

**Спеціальність:** 131 Прикладна механіка

**Освітня програма:** Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Р. Редько

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ** **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Торчилу Андрію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка конструкції вузлів двошпиндельного токарного верстата моделі ПАБ-130*

Керівник роботи: *Зубовецька Наталія Тарасівна, к.т.н., доцент,*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р., № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, паспорти верстатів, покращення технологічних параметрів двошпиндельних верстатів з ЧПУ

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Конструкторський розділ 2. Технологічний розділ 3. Розрахунковий розділ 4. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Загальний вигляд верстата – 1 ф. А1; 2. Кінематична схема верстата – 1 ф. А1; 3. Супорт 1 – 1 ф. А1; 4. Супорт 2 – 1 ф. А1; 5. Маніпулятор лівий – 1 ф. А1; 6. Бабка шпindelна права – 1 ф. А1;\_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2024 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>14.03.24</i>	
2.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>10.04.24</i>	
3.	<i>Розрахунковий розділ</i>	<i>15.04.24</i>	
4.	<i>Охорона праці</i>	<i>20.04.24</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>10.05.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.05.24</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.24</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис) Торчило А.О. (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис) Зубовецька Н.Т. (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Торчило А.О. Розробка конструкції вузлів двошпindelного токарного верстата моделі ПАБ-130. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе літературний огляд, в якому наведені загальні відомості про двошпindelні токарні верстати з ЧПУ, принцип роботи та обробки деталей, а також наведені основні методи і принципи підвищення техніко-економічних показників і розширення технологічних можливостей цих верстатів. В розрахунковій частині проекту наведені розрахунки кульково-гвинтової передачі, розрахунок на статичну міцність, на довговічність, попереднього натягу, енергетичних витрат, а також розрахунок приводу подач бабки шпindelя і розрахунок затискного патрону. Виконано розділ з охорони праці.

Ключові слова: металорізальний верстат, вібраційні пристрої подрібнення стружки, гідравлічна схема, гідроциліндр, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

## ABSTRACT

Torchylo A.O. Development of the structure of the two-spindle lathe model PAB-130. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes a literature review, which provides general information about two-spindle CNC lathes, the principle of operation and processing of parts, as well as the main methods and principles of increasing technical and economic indicators and expanding the technological capabilities of these machines. Calculations of the ball-screw transmission, calculation of static strength, durability, pre-tension, energy consumption, as well as calculation of the spindle headstock feed drive and the calculation of the clamping chuck are given in the calculation part of the project. The section on labor protection has been completed.

Key words: metal cutting machine, vibrating chip grinding devices, hydraulic scheme, hydraulic cylinder, workpiece, part, cutting modes, technological equipment.

## ЗМІСТ

	ВСТУП	8
1.	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	11
1.1.	Опис існуючих двошпindelних верстатів з ЧПУ	11
1.2.	Опис верстата ПАБ-130	20
1.2.1.	Загальні відомості про верстат	20
1.2.2.	Основні технічні дані і характеристика	22
1.2.3.	Вказівка заходів безпеки	25
1.2.4.	Будова верстата	26
1.2.5.	Робота верстата і його складових частин	28
2.	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	45
3.	РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	51
3.1.	Розрахунок кульково-гвинтової передачі	51
3.1.1	Попередній розрахунок розмірів кульково-гвинтової передачі	51
3.2.	Перевірочні розрахунки кульково-гвинтової передачі	52
3.2.1.	Розрахунок на статичну міцність	52
3.2.2.	Розрахунок на довговічність по стомленості поверхневих шарів	53
3.2.3.	Розрахунок попереднього натягу	55
3.2.4.	Розрахунок енергетичних витрат	56
3.3.	Розрахунок приводу подач бабки шпинделя	57
3.4.	Розрахунок затискного патрону	60
3.5.	Висновки	67
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ	68

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

4.1.	Зменшення шуму і вібрації обладнання, що проектується	68
4.2.	Витяжна система верстата	71
4.3.	Електробезпека обладнання	71
4.4.	Пожежна безпека	72
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....	75
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

До цих пір деякі підприємства наполегливо намагаються піднімати виробництво тих верстатів, які практично пішли з ринку. Наприклад, дуже малий попит мають фрезерні верстати малих і середніх розмірів для чорнової обробки (хоч би тому, що стільки виливок сьогодні обробляти вже не потрібно – воно стало якіснішим, точнішим). Пішли з ринку низькопродуктивні, зокрема, стругальні верстати. Вони ще інколи потрібні, але у малій кількості. Відпала необхідність у величезних, дуже потужних лініях, потужних спецверстатах.

Гігантomanія вже пішла в минуле. Але, на жаль, на зміну їй ніяк не приходить очевидна ідея, що верстатобудівні заводи сьогодні повинні "стиснутися", зробитися компактними, маленькими, але динамічними. Вони повинні володіти швидкопереналагоджувальним виробництвом, дуже високим інтелектуальним потенціалом, розвиненою мережею постачальників і тих, що комплектують і надають послуги.

Перехід на таку модель верстатобудівного підприємства викликаний зміною структури споживання в суспільстві. Підприємства-виробники продукції, яку безпосередньо споживає населення, вимушені динамічно реагувати на вимоги ринку.

Сьогодні власники заводів, що виготовляють споживчі товари, виразно бачать, що минулої великої кількості професійних кадрів на ринку праці вже немає. Стояти у верстата стало не престижно або не вигідно. Тому підприємці вимушені вкладати гроші в хороші верстати, в автоматизовану техніку, що вимагає мінімального навчання персоналу для виробництва якісної продукції. Це, в основному, верстати з ЧПУ.

Україна, хоч і з деяким відставанням від інших країн, теж вимушена йти по загальному шляху. Якщо своїх хороших верстатів немає, то вихід один – масові закупівлі імпортного обладнання. Активному імпорту до

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

України сприяє і "братська" допомога західних країн, які охоче дають нам кредити під закупівлю свого ж устаткування. До речі, для розвитку виробництва необхідне не тільки передове устаткування, але і відповідний інструмент. Він теж йде з-за кордону.

У ситуації, що склалася, важко звинувачувати українських підприємців - вони купують те, що краще, те, що гарантовано забезпечує прибуток. Вони переконалися у вітчизняному виробнику, але ж і було від чого – верстатів, які можна порівняти за якістю із зарубіжними, у нас дійсно не виготовляють.

Основним об'єктом кваліфікаційної роботи є верстат мод. ПАБ-130, що серійно випускався на ВАТ «Веркон».

Істотне покращення структури металообробного обладнання можливе лише за рахунок значного збільшення випуску високопродуктивного і прецизійного автоматизованого і автоматичного устаткування, що має високу економічну ефективність і достатню гнучкість в переналадці. Найчастіше гнучкість в переналадці устаткування забезпечують системи ЧПУ.

Основними перевагами приводів з безступінчатим регулюванням швидкості, що реалізовані у верстатах, є підвищена продуктивність обробки за рахунок точного налагодження оптимальної за режимами різання швидкості, забезпечення плавної зміни швидкості під час обробки. Для безступінчастого регулювання швидкості обробки використовується двигун постійного струму із тиристорним управлінням.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції вузлів двошпindelного токарного верстата моделі ПАБ-130 для розширення його функціональних можливостей. Для досягнення даної мети поставлені такі задачі:

1. Виконати огляд існуючих двошпindelних верстатів з ЧПУ.
2. Провести аналіз технічних характеристик верстата.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Виконати розрахунки кульково-гвинтової передачі, розрахунок на статичну міцність, на довговічність, попереднього натягу, енергетичних витрат, а також розрахунок приводу подач бабки шпинделя і розрахунок затискного патрону.

4. В розділі «Охорона праці» розробити заходи зі зменшення шуму і вібрації обладнання, що проектується, забезпечення верстата витяжною системою, системою охолодження і провести аналіз електробезпеки та пожежної безпеки.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 1.1. Опис існуючих двошпindelних верстатів з ЧПУ

Напівавтомат спеціальний двошпindelний пазошліфувальний з ЧПУ моделі ОШ-627Ф3.

Призначений для однопрохідного шліфування двох сторін деталі типу замка турбінної лопатки. Високий технічний рівень напівавтомата забезпечується за рахунок раціональних конструктивних рішень і застосування сучасних покупних комплектуючих виробів і ріжучого інструменту виробників західних країн, зокрема:

- Система ЧПУ і приводи керованих координат
- ЧПУ фірми Siemens;
- Лінійні датчики зворотної зв'язку Heidenhain;
- Підшипники SKF;
- Лінійні напрямні Rexroth;
- Редуктор підшипникового типу Kimex.



Рисунок 1.1 - Верстат 2-х шпindelний пазошліфувальний з ЧПУ моделі ОШ-627Ф3

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Основні технічні характеристики напівавтомата спеціального  
двошпindelного пазшлифувального з ЧПУ моделі ОШ-627Ф3.

Граничні розміри встановлюваної заготовки:, мм	232x44
Розмір шлифувального круга, D x d x h, мм	450x203x13.63
Найбільші переміщення: столу x головок, мм	760x160
Частота обертання шпинделів, хв <sup>-1</sup>	1060 – 2030
Межі робочих подач: мм / хв	10-500x120x1-500
Потужність головного приводу, кВт	15
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	40, 78
Габарити напівавтомата: довжина x ширина x висота, мм	3900x2805x2912
Маса напівавтомата з приставним устаткуванням, кг	6500

Верстат для обробки кромки скла (вертикальний, двошпindelний із стрічковим механізмом подачі).

Вертикальний верстат призначений для шлифування і поліровки кромки скла товщиною від 3 до 12 мм. Кінематичне виконання верстата відповідає ГОСТ 15150-69.

Технічні характеристики

Споживана потужність (кВт)	5.5
Номинальна напруга (В)	380
Габаритні розміри	3000x900x 1700
Розмір оброблюваного скла (мм)	150x150(мм) 2000x2000(max)
Діаметр круга(мм)	175(шлифувальний) 175(полірувальний)
Подача скла: Механічна з реверсом з регулюванням	
Ручна	0,4-1,5м/хв
Маса (кг)	240

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Верстат для обробки кромки скла (вертикальний, 2-х шпиндельний із стрічковим механізмом подачі)



Рисунок 1.2 - 2-х шпиндельний верстат для обробки кромки скла

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3 - Двошпindelний напiвавтомат 2ГВ-600

Верстат 2ГВ-600 призначений для свердління в нерухомій деталі типу "труба" отворів в торцях діаметром до 10 мм і глибиною до 600 мм. За замовленням споживача верстат може виконувати отвори діаметром свердління до 20 мм.

Верстат 2ГВ-600 поставляється за узгодженим технічним завданням на проектування і виготовлення спеціалізованого верстата для глибокого свердління. Для складання технічного завдання необхідно вислати на адресу заводу виробника технологічні ескізи деталей, що підлягають свердлінню на верстаті, з вказанням основних вимог до верстата: межі чисел обертів, подач, тип затиску деталей, свердел і т.д.

Верстат вертикальний токарний двошпindelний з ЧПУ моделі 450VT наведений на рис. 1.4.

Він призначений для ведення продуктивної токарної обробки деталей типу «муфта», «фланець», «втулка», «шестерня» (з розмірами  $L / D < 2$ ) з різних конструкційних матеріалів в умовах серійного виробництва. Область застосування: на підприємствах різних галузей промисловості.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.4 - Верстат вертикальний токарний двошпindelний з ЧПУ  
моделі 450VT

Особливості конструкції:

- ✓ Високошвидкісна обробка
- ✓ Незалежна обробка двома шпинделями
- ✓ Обробка деталей з обох боків в один цикл
- ✓ Автоматизоване вивантаження і завантаження деталей
- ✓ Можливість оснащення щупами для вимірювання деталі і інструменту
- ✓ Двоканальна система ЧПУ

Схему переміщення колон по осях X1, X2 та вертикального переміщення бабок шпинделів по осях Z1, Z2 наведено на рис. 1.5.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

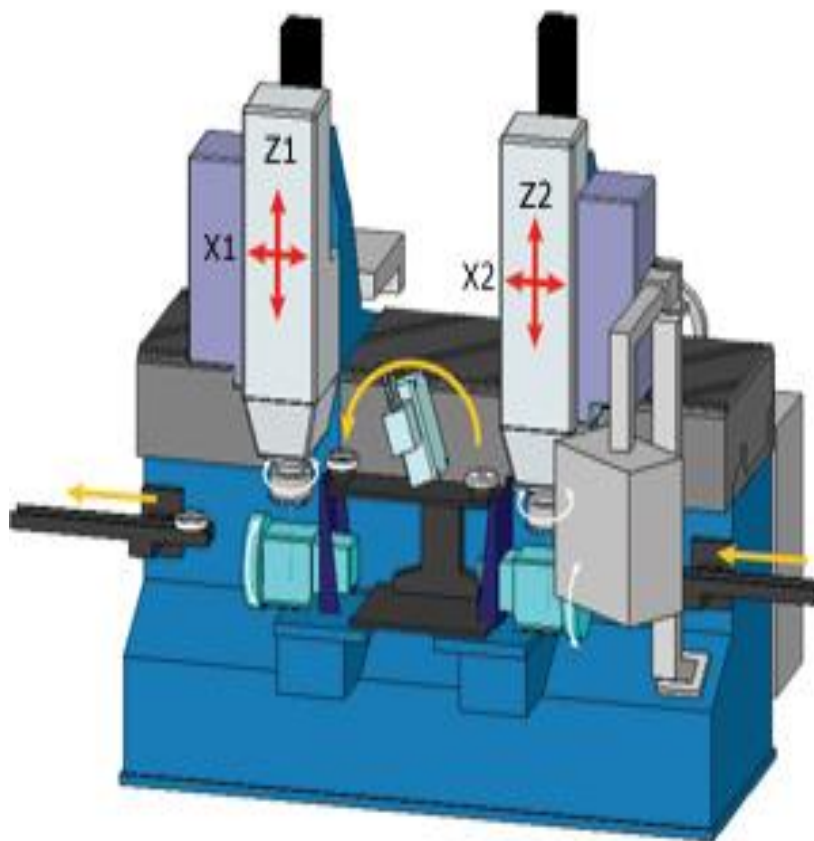


Рисунок 1.5 - Схема переміщення по осях: вісь X1,X2 - поперечне переміщення колон, вісь Z1,Z2 - вертикальне переміщення бабок шпинделів

Технічні характеристики:

*Характеристика револьверної головки*

Кількість позицій, шт.	8
Час зміни інструменту, сек.	0,5-2
Точність позиціонування	$\pm 4''$
Повторюваність позиціонування	$\pm 1,6''$

*Параметри обробки*

Найбільший діаметр оброблюваної, мм	160
Маса оброблюваної, кг	10
<i>Головний привід бабки шпинделя</i>	
Потужність головного приводу, кВт	12

Крутний момент, Нм	200
Діапазон частот обертання двигуна, мм/хв	0-4000
<i>Переміщення</i>	
Поперечне переміщення по осі X, мм	
- ліва (вісь X1)	860
- права (вісь X2)	860
<i>Вертикальне переміщення бабки (вісь Z) шпинделя, мм</i>	
- ліва (вісь Z 1)	400
- права (вісь Z 2)	400
Прискорені переміщення по осях, м/хв	15
Граничні робочі подачі, мм/хв	1-5000
Точність позиціонування по всіх осях, мм	± 0,01
<i>Інші характеристики</i>	
Габаритні розміри, мм	5800x3300x 3300
Маса, кг	10500
Система ЧПУ (стандартне виконання)	SIEMENS SINUMERIK 8 40 D

Верстат вертикальний токарний двошпиндельний з ЧПУ мод. 500VT.

Верстат вертикальний двошпиндельний з ЧПУ моделі 500 VT наведений на рис. 1.6. Він призначений для продуктивної токарної обробки деталей типу «шестерня», «втулка», «фланець», «диск гальмівний» діаметром до 300 мм з масою до 35 кг з різних конструкційних матеріалів за умов серійного виробництва. Область застосування: на підприємствах різних галузей промисловості.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рисунок 1.6 - Верстат вертикальний двошпindelний з ЧПУ  
моделі 500 VT

Особливості даного верстата:

- ✓ Високошвидкісна обробка
- ✓ Незалежна обробка двома шпинделями
- ✓ Обробка деталей з обох сторін за один прохід
- ✓ Автоматизоване вивантаження і завантаження деталей
- ✓ Двоканальна система ЧПУ

Схема переміщення колон, бабки шпинделя та бабки з револьверною голівкою наведена на рис. 1.7.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

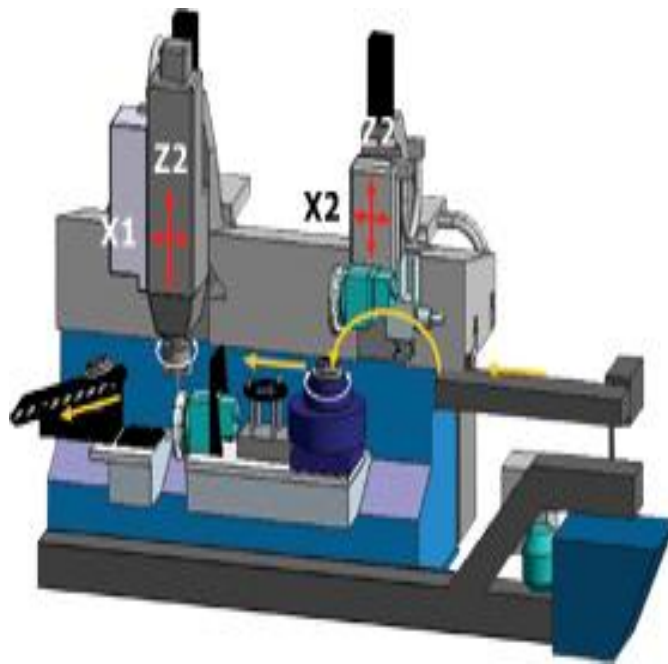


Рисунок 1.7 - Схема переміщення по осях: вісь X1,X2 - поперечне переміщення колон, вісь Z1,Z2 - вертикальне переміщення бабки шпинделя і бабки з револьверною ГОЛОВКОЮ

Технічні характеристики

*Характеристика револьверної головки*

Кількість позицій, шт.	8
Час зміни інструменту, сек.	0,5-2
Точність позиціонування	± 4"
Повторюваність позиціонування	± 1,6"

*Параметри обробки*

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	300
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	35

*Головний привод бабки шпинделя*

*Ліва бабка шпинделя*

Потужність головного приводу, кВт	12
Крутний момент, Нм	200
Діапазон частот обертання двигуна, мм/хв	0 – 4000

*Права бабка шпинделя*

Потужність головного приводу, кВт	19
Крутний момент, Нм	390
Діапазон частот обертання двигуна, мм/хв	0 – 490
Граничні робочі подачі, мм/хв	1-5000
<i>Переміщення</i>	
Точність позиціонування по всіх осях, мм	± 0,01
<i>Поперечне переміщення по осі X, мм</i>	
- ліва (вісь)	1920
- права (вісь X2)	980
<i>Вертикальне переміщення бабки (вісь Z)</i>	
<i>шпинделя, мм</i>	
- ліва (вісь Z 1)	400
- права (вісь Z 2)	400
Прискорені переміщення по осях, м/хв	15
<i>Інші характеристики</i>	
Габаритні розміри, мм	6200x3700x3300
Маса, кг	11500
Система ЧПУ (стандартне виконання)	SIEMENS SINUMERIK 8 40D

## 1.2. Опис верстата ПАБ-130

### 1.2.1. Загальні відомості про верстат.

Верстат токарний двошпиндельний з ЧПУ мод. ПАБ-130 призначений для ведення токарної обробки виробів типу тіл обертання зі сталі, чавуну, кольорових і інших металів, зокрема матеріалів, що вимагають застосування складних режимів різання (наприклад, з жароміцних і інструментальних сталей). Обробка проходить в автоматичному циклі.

Загальний вид верстата токарного двошпиндельного моделі ПАБ-130 зображено на рис. 1.8.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 1.8 - Загальний вигляд верстата токарного двошпindelного моделі ПАБ-130

Область застосування: дрібносерійне і серійне машинобудівне виробництво. Клас точності П за ГОСТ 8-82.

Верстат оснащено системою ЧПК SIEMENS SINUMERIK 802D.

Базовий токарний двошпindelний верстат відповідає технічним умовам ТУ У 73. 1-16297597-001-2001.

У позначенні верстата наявна така інформація:

- найменування верстата;
- модель верстата;
- визначення ТУ;
- тип кліматичного виконання.

Приклад позначення верстата: Верстат двошпindelний токарний з ЧПУ мод. ПАБ-130, ТУ У 73. 1-16297597-001-2001, УХЛ4.

За договором із замовником верстат може бути виготовлений:

- з тими, що відрізняються від приведених в ТУ 73. 1-16297597-001-2001 з основною технічною характеристикою;

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- з розширеними технологічними можливостями;
- з іншим комплектуванням;
- на вимогу замовників на даний верстат можуть встановлюватись верстатні пристосування: спеціальні патрони, маніпулятори, державки, контрольно-вимірювальні прилади, прилади активного контролю тощо. У даному випадку критерієм придатності верстатів є приналежність до умов договору (контракту) при постачанні верстатів замовнику.

### 1.2.2. Основні технічні дані і характеристика верстата.

#### Технічна характеристика верстата

##### 1. Показники, що стосуються заготовки:

1.1. Найбільший діаметр заготовки, що обробляється	100
1.2. Найбільша довжина заготовки	80

##### 2. Найбільший хід супортів, що не менше:

- по осі X	250
- по осі Z	350

##### 3. Робочі і настановчі переміщення:

3.1 Дискретність задання переміщень по осях,	0,001
3.2 Точність позиціонування,	0,015
3.3 Кількість осей координат, що керуються	2

##### 4. Показники, що стосуються основних і допоміжних рухів:

4.1 Межі частот обертання шпинделю:	100 – 3600
4.2 Максимальна швидкість переміщення супортів:	
- поперечна ( X )	20000
- подовжня ( Z )	20000

##### 5. Показники силових характеристик верстата

5.1. Потужність приводу головного руху, у кВт	15
5.2 Кількість двигунів головного руху, шт	2
5.3 Найбільший крутний момент на шпинделі	250

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

5.4 Найбільше зусилля подачі по осях, Н :

- поперечної (X)	6000
- подовжньої (Z)	8000

6. Габаритні розміри даного верстата:

- довжина, у мм	3244
- ширина, у мм	2040
- висота, у мм	1700

7. Маса верстата, кг 3500

8. Клас точності верстата за ГОСТ 8-82 П

9. Витрата СОЖ 100 л/хв

10. Витрата повітря на обробку однієї деталі без продування  
затискних і передавальних пристроїв, Нл (при тиску 6 Бар) 15

11. Витрата повітря на обробку однієї деталі, Нл 125

12 Витрата повітря за одну хвилину, Нл/хв  $Q=Q1 \cdot n$   
( $Q1$ -витрати на одну деталь;  $n$ -число деталей, оброблених в 1 хв.)

Технічна характеристика приводу.

1. Вид струму живлючої мережі	Змінний, трифазний
2. Частота струму на підічі, Гц	50
3. Напруга на подачі, В	380
4. Напруга в ланцюгах управління, В	24
5. Напруга в ланцюзі місцевого освітлення, В	220
6. Кількість електричних двигунів на верстаті	6
7. Вид електродвигуна головного руху, марка	5A160M4БУ3
8. Потужність електродвигуна головного руху, у кВт	15
9. Номінальна частота обертання електродвигуна головного руху, у хв. <sup>-1</sup>	1500
10. Діапазон регулювання частот обертання електродвигуна головного руху, у хв. <sup>-1</sup>	200....4500

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

11. Тип електродвигунів приводів подач:

- подовжньої 1FK6083-6AF71-1AA2
- поперечної 1FK6063-6AF71-1A

12. Номінальний крутний момент електродвигунів

приводів подач, Нм :

- подовжньої 16
- поперечної 11

13. Номінальна частота обертання електродвигуна

приводу подач, у хв.<sup>-1</sup> :

- подовжньої 3000
- поперечної 3000

14. Тип електронасоса охолодження ПА - 200

15. Потужність електродвигуна насоса охолодження, кВт 1,1

16. Частота обертання електродвигуна насоса охолодження, хв.<sup>-1</sup> 2800

17. Продуктивність електронасоса охолодження, л/хв 200

18. Тип електродвигуна приводу транспортера для видалення стружки

1RK6056-6AF71-2A

19. Потужність електродвигуна в приводі транспортера

при видаленні стружки, у кВт 0,25

20. Сумарна потужність електродвигунів, у кВт 36

21. Сумарну споживана потужність, кВт 10...18

(з урахуванням приводів і пристрою ЧПУ)

Характеристика пристрою ЧПУ.

1. Позначення ЧПУ SIEMENS SINUMERIK 802D

2. Кількість керуючих координат 2

3. Найбільша кількість керуючих координат 4

4. Дискретність переміщень, в мм

- подовжніх 0,001

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- поперечних	0,001
5. Максимальне переміщення програмоване	9999999
6. Система відліку:	Абсолютна
7. Межі програмованих подач, мм/об	
- подовжніх	20000
- поперечних	20000
8. Тип датчиків зворотного зв'язку за положенням	вбудовані у двигуни
9. Введення даних	з клавіатури ПЕОМ
10. Живлення ЧПУ	
10.1. Вид струму	постійний
10.2. Напруга, В	24
10.3. Потужність, Вт	75
10.4. Необхідна стабільність напруги %	5

Технічна характеристика системи змащування.

1. Марка мастила бабки шпинделя: RENOLIT FLM2  
виробництво фірми "FUCHS"
2. Марки масла для мастила супорта: ИНСП-40 ТУ 38 101-76
3. Тип станції мастила супорта: Насос плунжерний 0130-1075-001А
4. Продуктивність насоса станції мастила супорта: л/хв 150
5. Номінальний робочий тиск станції мастила супорта, МПа 3
6. Ємкість резервуару станції мастила супорта, л 5
7. Тонкість фільтрації масла в станції мастила супорта, мкм 40

### 1.2.3. Вказівки заходів безпеки.

Безпека даного верстата забезпечується при його виготовленні відповідно з вимогами ГОСТ 12.2.009-80, ДСТУ 2808-94, ДСТУ 2753-94, ГОСТ 27488-87, ГОСТ 12.3.101-84, ГОСТ 12.2.041-79, ТУ У 73.1-

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

16297597-001 -2001.

#### 1.2.4. Будова модернізованого верстата.

Розташування і позначення складових вузлів устаткування наведені на загальному вигляді верстата відповідно до рис. 1.9.

Перелік складових частин верстата наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. - Перелік складових частин верстата

№	Позначення	Примітки
1	Станина	
2	Підвіска двигуна	2 шт.
3	Супорт	
4	Бабця шпindelь ліва	
5	Бабця шпindelь права	
6	Маніпулятор лівий	
7	Маніпулятор правий	
8	Щити огорожі	
9	Лоток вхідний	
10	Транспортер для відведення деталей	
11	Пристрій передавальний	
12	Пристрій передавальний	
13	Сопло обдува	
14	Пневмосистема	
15	Система мастила	
16	Система подачі СОЖ	
17	Електроустаткування	
18	Транспортер видалення стружки	Чеська р-ка

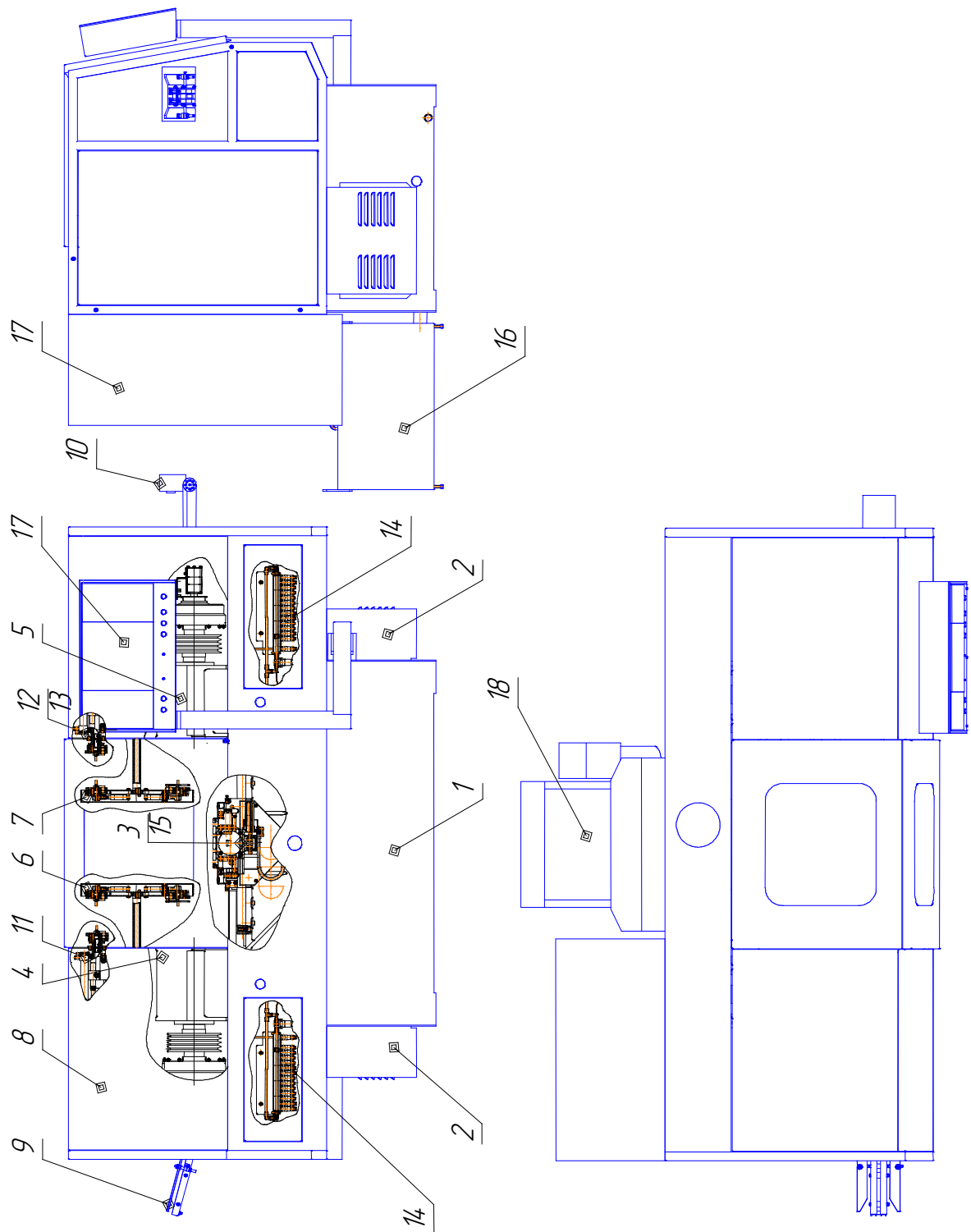


Рисунок 1.9 - Загальний вигляд верстата

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

### 1.2.5. Робота верстата і його складових частин.

Управління верстатом. Розташування органів управління на верстаті наведене відповідно до рис. 1.10.

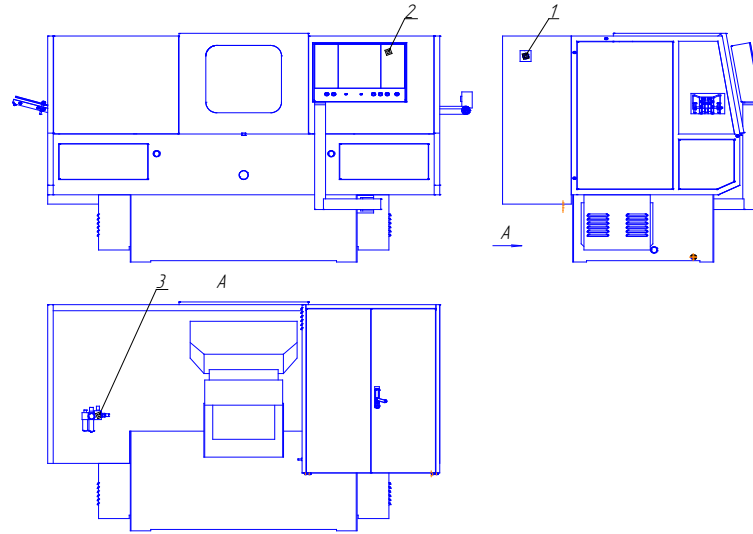


Рисунок 1.10 - Розташування органів управління на верстаті

Елементи управління пульта управління показані на рис. 1.11. Перелік органів управління на пульті управління наведено в таблиці 1.2. Положення перемикачів для вибору режимів роботи верстата і перемикача вибору механізмів наведені на рис. 1.12.

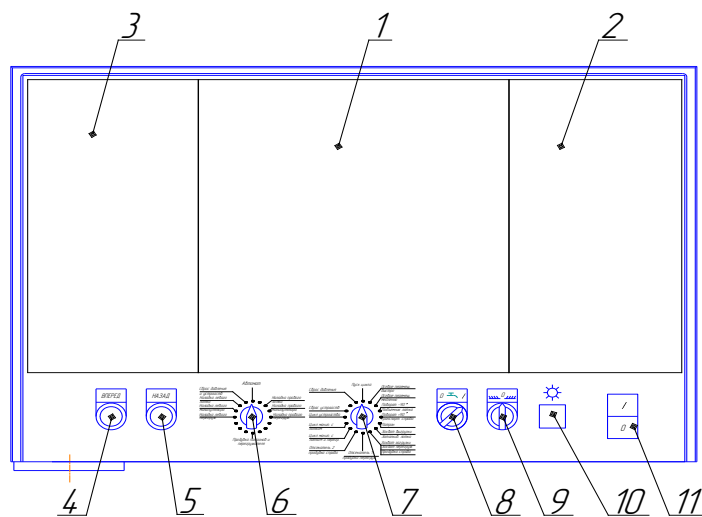


Рисунок 1.11 - Елементи управління

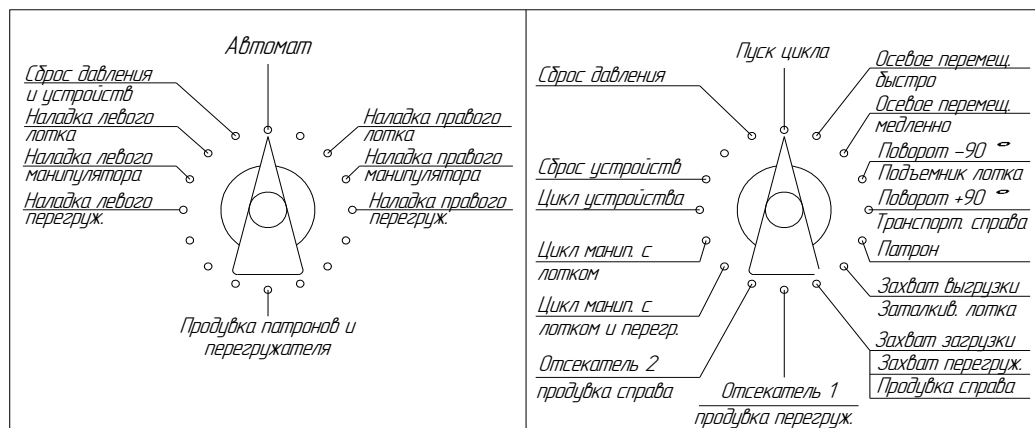


Рисунок 1.12 - Положення перемикачів

Таблиця 1.2. - Перелік органів управління, розташованих на пульті управління

№ поз. по рис.1.12	Органи управління і їх призначення	Способи використання
1	Дисплей системи ЧПУ	
2	Клавіатура системи ЧПУ	
3	Машинна панель	
4	Кнопка "Вперед"	При натисненні кнопки відбувається включення того механізму або режиму, які вибрані в даний момент
5	Кнопка "Назад"	При натисненні кнопки відбувається виключення того механізму або режиму, які вибрані в даний момент
6	Перемикач режиму роботи	Перемикач служить для вибору режиму роботи верстата або його складових частин
7	Перемикач вибору механізмів	Перемикач служить для вибору механізму або його складової частини, яким необхідно управляти
8	Перемикач режимів роботи системи подачі СОЖ	Перемикач служить для включення і відключення системи подачі СОЖ
9	Перемикач режимів роботи транспортера стружковидалення	Перемикач на три положення: "вимкнений", "включений", "зворотний хід"
10	Вимикач освітлення	Вимикач на два положення: "включено", "вимкнене"
11	Кнопки включення приводів	Спарені кнопки: зелена включення приводів, червона - відключення



встановлено бабку шпindelьну ліву і бабку шпindelьну праву.

Безпосередньо на шпindelі закріплено шків, який отримує обертання через клинопасову передачу при відношенні діаметрів шківів 190:190. Як привід головного руху застосовується частотно-регульований асинхронний електродвигун з постійною потужністю 1500...4500 хв<sup>-1</sup> з діапазоном регулювання. Передача обертання від електричного двигуна на шпindel здійснюється 4-ма клиновими ременями В (Б) 2400 Ш IV ГОСТ 1284.1-89.

Передньою опорою шпindelя є триплекс радіально-упорних кулькових підшипників, задня опора - дуплекс таких же підшипників. При збиранні порожнини підшипників заливаються мастилом Renolit FLM 2 фірми "FUCHS" в кількості, що достатня (по рекомендації фірми) для всього терміну служби підшипників.

Підшипники шпindelів отримують регулювання на заводі-виробнику верстата і не потребують додаткового регулювання в процесі експлуатації. Якщо є крайня необхідність, то споживач може силами висококваліфікованих фахівців вимагати їх регулювання. За необхідності замовник може звернутися за порадами на завод-виготівник. У кожному окремому випадку буде дана конкретна консультація або відряджається фахівець-налагоджувальник.

Підвіска двигунів. Обидва шпindelі приводяться в обертання індивідуальними електродвигунами, які розташовані в нішах станини по обох її сторонах. Підвіски двигунів є ідентичними.

Електродвигун в головному приводі (асинхронний з частотним регулюванням) закріплюється на підставці (замовляється окремо по наладці) болтами 21. Підстава встановлюється в пазу типу "ласточкін хвіст" в плиті 1, який фіксується притискною планкою 6. Підставку сумісно з двигуном можна пересувати по пазу, регулюючи по осі положення шківів, що встановлений на вихідному валі двигуна. Для вертикального пересування плити 1 навколо осі 4 при одяганні і натягненні

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ременя потрібно обертати гвинт 7. На закінчення регулювання потрібно зафіксувати положення плити 1 щодо гвинта 7 з допомогою контргайки 29.

Супорт хрестовий. Супортна група складається з подовжніх салазок 6, що переміщуються вздовж осі шпинделя по цементованим прямокутним напрямним 26, що закріплені на траверсі 27, і поперечних салазок поз. 25, рухомих в прямокутних пазах, поздовжньої салазки 6, що перпендикулярна осі шпинделя. Зазори в направляючих обох салазок вибирають клинами поздовжнім 7 і поперечним 8. На одну з поверхонь усіх пар, що контактують, наклеєна спеціальна стрічка Ф4М15М5-Л-3А ТУ6-05-06-138-80, що знижує коефіцієнт тертя в напрямних.

Поздовжній рух супорта здійснюється від синхронного електродвигуна, що надає крутний момент на гвинт пари кулько-гвинтової 14 через муфту 16.

Поперечний рух супорта здійснюється від синхронного електродвигуна, що надає крутного моменту на гвинт кулько-гвинтової пари 13 через муфту 15.

Зазор-натяг в кулько-гвинтовій парі регулюється за допомогою повороту гайок кулько-гвинтової пари однієї відносно іншої.

У вертикальній площині салазка поздовжня 6 тримається за допомогою планок 9 і 10, а поперечна салазка за допомогою планок 11 і 12. Підгонка планок заводом-виготівником в з'єднаннях забезпечена натягом 0,01 мм. При зносі напрямних в процесі експлуатації підгонкою планок 9,10,11 і 12 підтримують в них натяг 0,01 мм.

До всіх поверхонь тертя поступає мастило від примусової імпульсної системи мастилоподачі, що зібрана на плунжерному насосі 0130-1075-001А, що керується командами від ЧПУ. Розподіл масла по точках змащування проводиться за допомогою живильника МІ-7, встановленого на плиті, прикріпленій до подовжньої салазок з задньої сторони.

На поздовжньому і поперечному напрямках встановлені блоки

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

шляхових електроперемикачів, які взаємодіють з шляховими кулачками. Шляхові кулачки розміщені на поздовжній і поперечній лінійках. Схема розміщення кулачків на лінійках поздовжній і поперечній наведена на рис. 1.14 і 1.15.

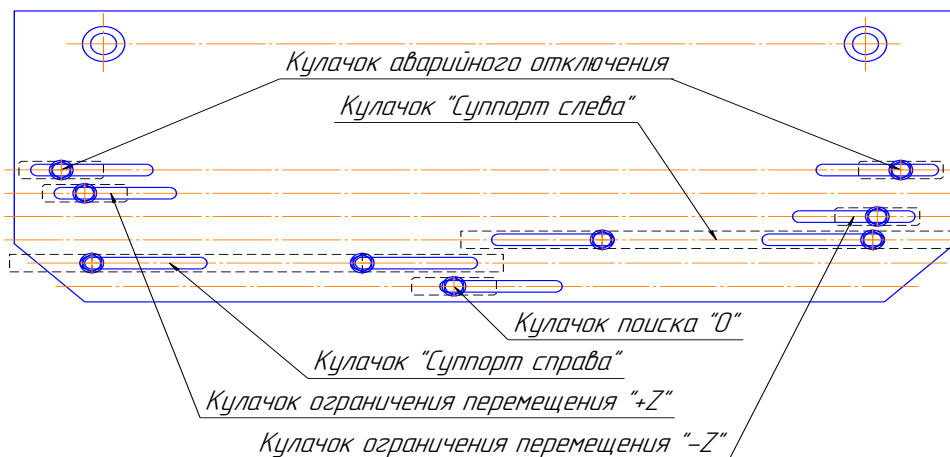


Рисунок 1.14 - Розташування кулачків на поздовжній лінійці

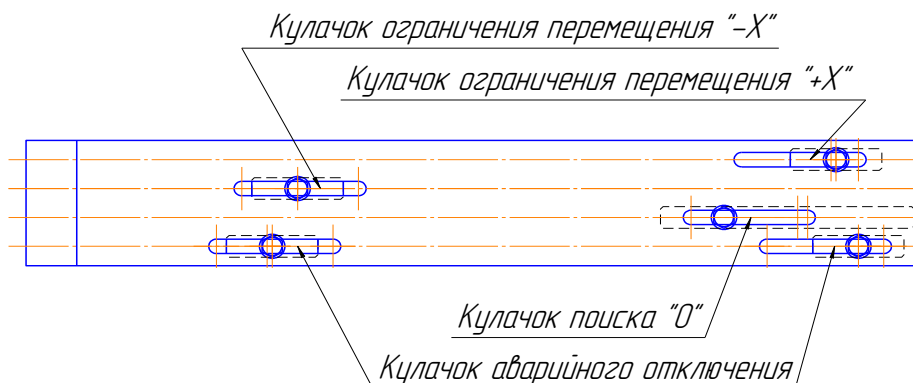


Рисунок 1.15 - Розташування кулачків на лінійці поперечній

При контакті кулачків поздовжньої або поперечної салазки з аварійним вимикачем відбувається відключення приводів. Для виводу супорта з цього положення потрібно вручну повернути гвинт поперечного або поздовжнього переміщення. Для цього у вільних торцях гвинтів передбачено шестигранний отвір  $S=10$  мм.

Маніпулятори. Для завантаження заготовок в затискні патрони правої і лівої бабок шпинделя і вивантаження оброблених деталей, на обладнанні встановлено маніпулятори лівий і правий. Маніпулятори

правий і лівий ідентичний по свому функціоналу, тому розглянемо пристрій і роботу лівого маніпулятора.

Корпус маніпулятора поз. 5 встановлюється на верхній площині бабки шпинделя, є можливість осьового переміщення для регулювання. У корпусі поз. 5 на підшипниках поз. 76 встановлюється вал-шестерня 6, яка може повертатися спареними циліндрами 79 "CAMOZZI" 61M2P041A0063 завдяки рейці 10. Пневмоциліндри 79 сполучені між собою фланцями через проставку 14. Шток лівого пневмоциліндру 79 сполучений з рейкою 10, а шток другого пневмоциліндру 79 нерухомо прикріплений в гайці 34, що встановлена в планці 40, закріпленої на стержнях 20. Для точного обмеження провороту шестерні на валі 6 служать втулки 30, які упираються в ролик 25. Для запобігання ударам при підході ролика 25 до втулки 30 використовуються амортизатори 83 і 84. В отворі шестерні валу 6 встановлена піноль 7, яка переміщається уздовж осі пневмоциліндром "CAMOZZI" 61M2P040A0220. Переміщення від пневмоциліндра передається на піноль 7 через повідець 13, який встановлений на пінолі на підшипниках 77. На пінолі 7 встановлено фланець 12, що призначений для обмеження осьового руху пінолі в середньому положенні. Для стримання осьового переміщення пінолі 7 в положенні середньому на стержні 24 встановлено упор 21. На торці пінолі 7 кріпиться рука 2. Конструкція руки 2 для лівого маніпулятора представлена на кресленні КПВ 066.04.00.00.000 СК. На руці встановлені захвати 1 і 2. Захвати містять три важелі 5, на яких закріплені зубчаті сектори 6. Зубчаті сектори 6 зачіпляються з центральною шестернею валу 4. При повороті шестерні валу 4 зубчаті сектори 6 переміщують важелі 5, на кінцях котрих встановлюються затискні елементи для затиску деталі чи заготовки. Шестерні валу 4 повертаються пневмоциліндрами 21 "CAMOZZI" 27M2A21U0020 через важіль 5.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

На захваті встановлений упор 8, який рухається за допомогою пневмоциліндра 14 (SMC-CJPB10-15H6). Його призначення - виштовхування деталі у відповідний лоток. Робота маніпулятора відбувається таким чином.

Початковий стан маніпулятора :

- піноль 7 знаходиться в задньому положенні;
- рука 2 перебуває в горизонтальному положенні;
- виконується захват заготовки;
- виконується захват деталі.

При отриманні команди на завантаження проводиться затиск і захват заготовки. Потім піноль 7 переміщається по осі вперед. Потім відбувається поворот руки на 90 градусів проти стрілки годинника за рахунок переміщення штоком пневмоциліндру "CAMOZZI" 61M2P040A0063 рейки 10. При цьому деталь встановлюється співвісно із шпинделем. Потім піноль 7 зміщується назад у напрямку до шпинделя до підходу захвату до деталі, затиснутої в патроні. Далі проводиться розтиск патрону і затиск деталі захватом, потім піноль знову переміщається вперед. Знову проводиться поворот руки 2 на 180 град. за годинниковою стрілкою за рахунок переміщення рейки 10 пневмоциліндрами 79 "CAMOZZI" 61M2P040A0063. При цьому захват заготовки стає співвісним зі шпинделем. Потім піноль 7 переміщається назад до шпинделя до моменту введення захвату із затиснутою в ньому заготовкою у патрон. Проводиться розтиск захвату заготовки і затиск патрона. Потім піноль 7 переміщається вперед, після чого рука 2 повертається за годинниковою стрілкою на 90 в початкове положення. Після повороту піноль 7 переміщається назад до бабки шпинделя і повертається в початкове положення. Після повернення пінолі 7 в початкове положення проводиться розтиск захвату деталі.

Для утримання осьового положення пінолі 7 в середньому

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

положенні при відсутності деталі чи заготовки в патроні і на захваті маніпулятора, і для пом'якшення удару в упор патрона при завантаженні призначений амортизатор, у який впирається фланець 12 за повороту пінолі 7 на 90 градусів і на - 90 град. Положення амортизатора регулюється так, щоб піноль 7 за відсутності деталі або заготовки зупинялася на упорі в амортизатор на 2...3 мм ближче до шпинделя.

Швидкість осевого руху і повороту маніпулятора регулюють за допомогою відповідних дроселів (детальніше див. розділ 2). При зборці порожнини підшипників і зубчасте зчеплення у корпусі маніпулятора наповнюється мастилом "REMOLIT FLM 2" фірми "FUCHS" кількістю, достатньою для роботи до середнього ремонту верстата.

Робота передавального пристрою здійснюється таким чином. Початковий стан пристрою відповідає наведеному на кресленні:

- піноль в положенні задньому ;
- захват є розтиснутим.

При виконанні циклу роботи маніпулятора, після вивантаження деталі із затискного патрона і обернувся так, що захват заготовки встановилося співвісно з шпинделем, захват із знятою деталлю встановлюється співвісно з піноллю пристрою. При цьому напірний фланець маніпулятора, взаємодіючи із стержнем, що з'єднує важелі, повертає їх так, що гвинт встановлюється напроти планки 18. Після цього пневмоциліндр 65 переміщає піноль із захватом вперед до упору в гвинт. При цьому упор деталі на захваті має бути в одній площині з упором деталі патрона затискного. Після цього пневмоциліндр 64 "CAMOZZI" 27M2A20U0020 проводить захват деталі затиснутої в захваті руки маніпулятора, а захват руки маніпулятора звільняється. Потім рука маніпулятора відходить вперед, а піноль пристрою назад. Після того, як рука маніпулятора і піноль встановлюється в початкове положення, пневмоциліндр 62 переміщає захват вперед до упору в амортизатор 71 і

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

втулку 35. При цьому правий передавальний пристрій теж виходить вперед.

Пристрій передавальний. Він призначений для забирання деталі, що оброблена на лівому шпинделі, з лівого передаючого пристрою і переміщення його на правий маніпулятор. Правий передаючий пристрій має конструкцію, подібну лівому. На правому передавальному пристрої не встановлюється амортизатор "SMC" RBC-1412, тому що правий передаючий пристрій має постійне положення переднє. Замість амортизатора встановлений упор 37.

Початкове положення пристосування відповідає вказаному на кресленні.

- піноль в задньому положенні;
- захват розтиснутий.

Робота пристрою здійснюється таким чином. Одночасно з переміщенням пінолі лівого передаючого пристрою вперед піноль правого передаючого пристрою теж переміщається вперед лівому назустріч. Після виходу пінолей правого і лівого пристроїв вперед захват лівого пристрою розкривається, а захват правого пристрою закривається. Потім пінолі пристроїв лівого і правого відводяться в початкове положення.

При виконанні циклу роботи маніпулятора правого після того, як він вийде вперед і його рука обернулася для зняття обробленої деталі із затискного патрона з правого шпинделя захват заготовки стає співвісно з піноллю правого пристрою передавального. Після цього піноль йде вперед до упору планки у гвинт (упор захватного пристосування встановлюється приблизно в одній площині з упором патрона затискного). Проводиться розтиск захватного пристрою і затиск захвату заготовки руки маніпулятора. Потім піноль пристрою повертається в початкове положення.

Також під час передачі заготовки з лівого передавального пристрою відбувається обдування заготовки для видалення стружки за допомогою

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

сопла обдування. Сопло обдування угвинчується в різьбовий отвір на захваті перевантажувача замість різьбової пробки.

Лоток вхідний. Для подачі заготовок в зону захвату лівого маніпулятора служить лоток вхідний. Кріпиться лоток за допомогою планки 15 до торця лівої бабки шпинделя і складається з таких основних вузлів, як склиз 1 і механізму "підйому і повороту заготовки", а також механізму "досилання заготовки". Механізм "підйому і повороту заготовки" представлений призмою 10, сполученої з пневмоциліндром 56. Механізм "досилання заготовки" є фланець 7, сполучений з пневмоциліндром 55.

Заготовки укладаються на стержні 9. Бічними обмежувачами при цьому служать планки 8. Перша заготовка при цьому упирається в рухомий відсікач 1, а наступна заготовка відповідно у відсікач 2. Після того, як відсікач 1 опуститься вниз, перша заготовка потрапляє в призму 10 "механізму підйому і повороту заготовки", який за допомогою пневмоциліндру 56 піднімає вгору і повертає заготовку на призмі на 90 на рівень захватів лівого маніпулятора. Поворот здійснюється за допомогою гвинтової канавки, напрямної на штоку 13 і шпонки 35. Наявність заготовки в призмі при цьому контролює датчик 63. Після цього відбувається досилання заготовки в захват маніпулятора фланцем 7 з прокладкою 8 на торці. Даний фланець приводиться в рух пневмоциліндром 55. Після того, як перша заготовка потрапила в захват лівого маніпулятора, відсікач 1 приймає знову верхнє положення. При цьому відсікач 2 опускається вниз, пропускаючи наступну заготовку, яка упреться у відсікач 1. Після цього відсікач 2 знову підіймається вгору.

Регулювання маніпуляторів. При установці маніпулятора підлягають регулюванню наступні параметри:

- виставлення корпусу маніпулятора по осі шпинделя;
- виставлення руки маніпулятора в початковому положенні;

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- виставлення захватів маніпулятора співвісно з шпинделем;
- виставлення упору середнього положення пінолі;
- виставлення датчиків положення пневмоциліндрів;
- регулювання захватів маніпулятора;
- регулювання швидкості переміщення пневмоциліндрів.

Для виставлення корпусу маніпулятора уздовж осі шпинделя необхідно ослабити болти кріплення корпусу маніпулятора до корпусу бабки шпинделя, і зміщуючи корпус маніпулятора поставити його так, щоб заготовки маніпулятора захват в початковому стані здійснював захоплення заготовки з лотка приймального. Для установки руки маніпулятора в початковому стані необхідно переміщати планки, в якій закладений шток пневмоциліндру правого, уздовж стержнів, на які закріплена планка, забезпечити стан руки маніпулятора, за якого рука з щитком входить в захисний кожух без заїдань і плавно.

Для належної роботи маніпулятора потрібно забезпечити співвісний захват деталі з віссю шпинделя при видаленні деталі із затискного патрона після обробки і співісний захват заготовки з віссю шпинделя при установці заготовки в затискній патрон. Для установки захвату деталі, співісної зі шпинделем, потрібно в режимі налагодження вивести піноль маніпулятора в положення переднє. Потім треба повернути руку із захватми на 90 град. При цьому захват деталі повинен встановитися приблизно по осі шпинделя. Для точної установки захвату деталі необхідно обертанням втулки упору (нижньої), обмежуючої поворот шестерні валу, забезпечити співвісний захват деталі із затискним патроном. Для правильної роботи маніпулятора необхідно забезпечити співвісний захват деталі з віссю шпинделя при видаленні деталі із затискного патрона після обробки і співвісний захват заготовки з віссю шпинделя при установці заготовки в затискній патрон. Для установки захвату деталі співвісно з шпинделем необхідно в налагоджувальному

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

режимі вивести піноль маніпулятора в переднє положення. Потім повернути руку із захватми на 90 град. При цьому захват деталі повинен встановитися приблизно по осі шпинделя. Для точної установки захват деталі співвісно із затискним патроном необхідно обертанням втулки упору (нижньої), обмежуючої поворот шестерні валу, забезпечити співвісний захват деталі із затискним патроном. Співвісність вважається нормальною, якщо при підводі захвату деталі до деталі, затиснутої в патроні, немає ударів і заїдань, а при затиску захвату деталі немає видимих переміщень руки маніпулятора.

Для установки співвісності захвату заготовки із віссю шпинделя потрібно в налагоджувальному режимі піноль маніпулятора вивести в положення переднє. Потім треба повернути руку із захватми на – 90 град. При цьому захват заготовки встановлюється приблизно по осі шпинделя. Для точної установки захвату заготовки співвісно із затискним патроном необхідно обертанням втулки упору (верхньої), що обмежує поворот шестерні валу, забезпечити співвісний захват заготовки із затискним патроном. Співвісність є нормальною, якщо при встановленні заготовки в патрон відсутні удари і заїдання, а при затиску захватом заготовки відсутні видимі переміщення руки маніпулятора.

При зміні діаметрів заготовок регулюванню підлягають також відсікачі. Для цього їх переміщують уздовж, встановлюючи їх в такому положенні, щоб заготовки упиралися в них своїми зовнішніми поверхнями.

Регулювання виштовхуючого фланця зводиться до регулювання його кріплення в осьовому положенні.

Як датчики пневмоциліндрів використані датчики герконові фірми "SAMOZZI" ССТ-220. Пневмоциліндри фірми "SAMOZZI" є оснащеними магнітами, що вбудовані в поршень. Датчики пневмоциліндрів переміщення призми і виштовхуючого фланця виставляють так, щоб вони

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

контролювали крайні положення штоків пневмоциліндрів

Для контролю наявності заготовки на призмі, а також для контролю заготовок, застосовані індуктивні датчики. При зміні розмірів заготовки необхідно регулювати положення вказаних датчиків наявності заготовок.

Не допускається наявність механічного контакту заготовок з датчиком, що може призвести до пошкодження датчика і виходу його з строю. Допустимий зазор між заготовкою і активною поверхнею датчика 2...4 мм.

Регулювання транспортера для відведення деталей. Транспортер виконаний таким чином, що при відладці можна відрегулювати натягнення транспортерної стрічки 59 шляхом зсуву напрямної 1 з редуктором мотора 60 і барабаном 3. Також можна контролювати кут нахилу транспортера за допомогою стійки 13.

Система мащення верстата. У верстаті застосоване автоматичне імпульсне мащення напрямних супорта і кулько-гвинтових пар. З лівого торця траверси встановлений плунжерний насос, сполучений трубопроводом з каністрою з маслом, поміщеної усередині щитів лівої сторони верстата. При подачі повітря під тиском 0,4 МПа в ліву кришку 1 насоса відбувається всмоктування масла з резервуару в об'ємі не менше 2 см<sup>3</sup>. Після подачі повітря по команді від контроллера електроавтоматики ЧПУ в праву кришку 2 пневмоциліндра масло під дією штока 7 поступає в систему мащення супорта і кулько-гвинтових пар. Порція масла під тиском не нижче за 4МПа по гнучкому шлангу подається до живильника МІ-7, що встановлений на панелі, закріпленої на задній стороні подовжньої каретки супорта. Розташування точок підведення мастила наведені на рис. 1.16.

При аналогічних діях, але під час вступу мастила в праву кришку насоса, змащувальна рідина поступає в систему мащення маніпуляторів.

Живильник послідовно подає порції масла по точках. Для контролю за роботою живильник забезпечений штоком-індикатором. При

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41





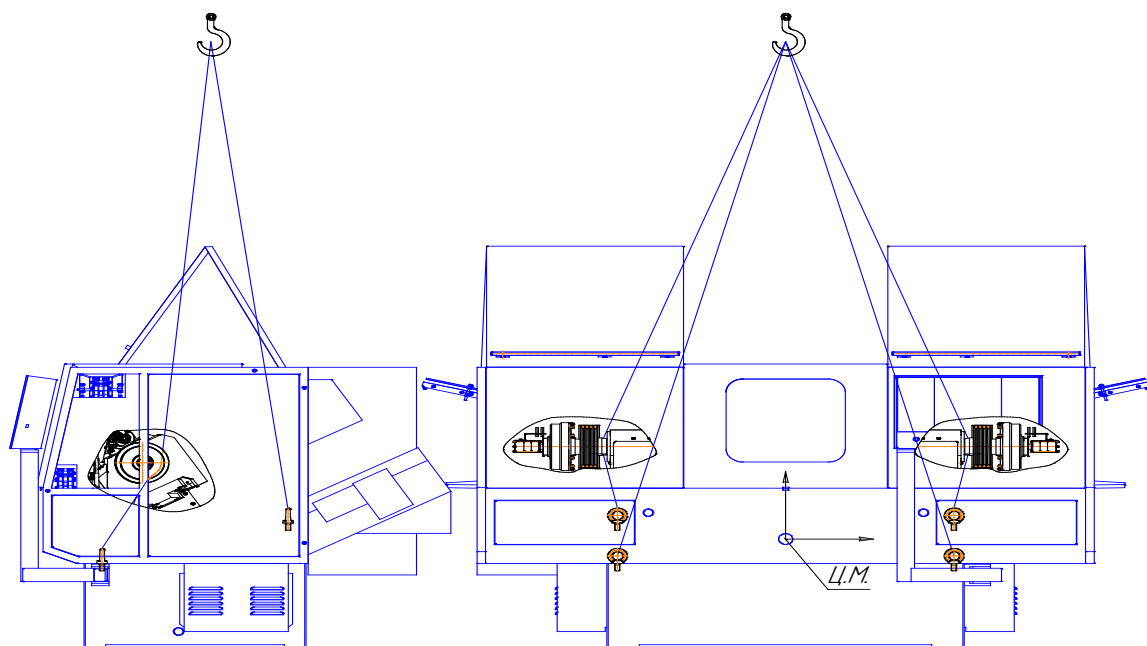


Рисунок 1.18 - Схема транспортування верстата

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Визначення типу заготовки та метод її виготовлення.

Як типову деталь для обробки на модернізованому верстаті прийнято кільце внутрішнє витискного підшипника легкового автомобіля ВАЗ 2107. Матеріалом деталі є підшипникова сталь марки ШХ 15.

У машинобудуванні для отримання заготовок часто застосовують лиття, обробку матеріалів тиском і зварювання, і використовують комбінації даних методів. Однак, кожен з них має велику кількість методів одержання заготовок. Так, виливки можна отримувати литтям у піщано-глинисті, оболонкові форми, кокіль, під тиском, литтям відцентровим, за моделями, що виплавляються, тощо.

Часто при виборі методу потрібно в першу чергу враховувати матеріал деталі та її призначення.

Вибір методу отримання заготовки залежить від:

- методу (типу) виробництва;
- матеріалу та вимог, що ставлять до якості виробу, розміру, маси та конфігурації деталі, якості поверхонь заготовок і дотримання необхідної точності;
- можливостей обладнання.

Виходячи з цих міркувань, призначаємо конкретний спосіб виготовлення заготовки із урахуванням його маси, матеріалу, серійності випуску та складності.

Маса заготовки вказаної конфігурації орієнтовно буде на 5-15% більшою маси деталі.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

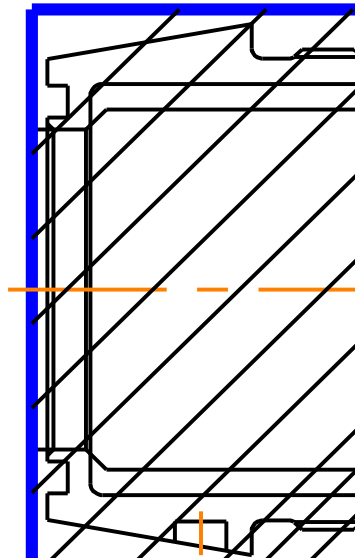
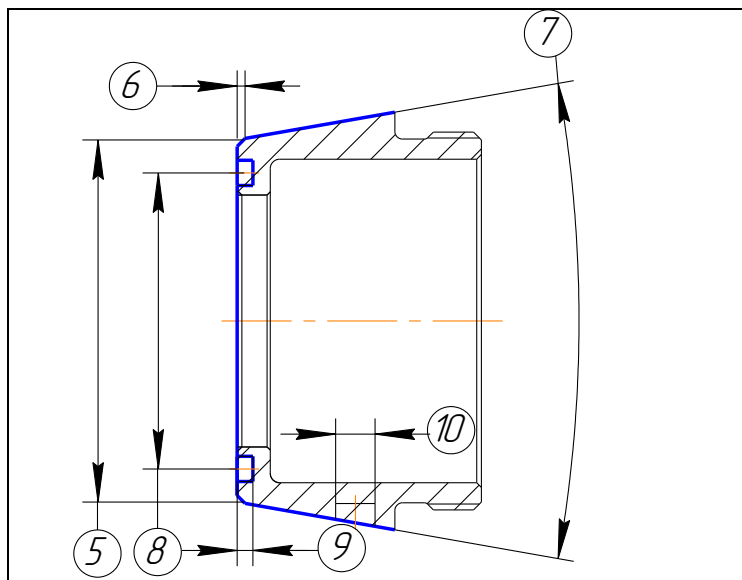


Рисунок 2.1 - Вигляд заготовки кільця підшипника

Таблиця 2.1. - Проектування змісту технологічних операцій

	<p>005.01 Свердлити отвір, витримуючи розмір 1.</p> <p>005.02 Свердлити отвір, витримавши розмір 2.</p> <p>005.03 Розточити поверхню попередньо, витримавши розмір 3</p> <p>005.04 Розточити поверхню остаточно, витримавш розмір 3</p> <p>005.05 Розточити поверхню начисто в розмір 3.</p> <p>005.06 Розточити поверхню остаточно, в розмір 2</p> <p>005.07 Точити поверхню викінчувально, в розмір 2.</p> <p>005.08 Розточити канавку, в розмір 4.</p> <p>005.09 Нарізати різьбу в розмір 3.</p>
--	---



- 010.01 Точити поверхню попередньо, в розмір 5,6, 7.
- 010.02 Точити поверхню остаточно, в розмір 5, 6, 7.
- 010.03 Точити канавку попередньо в розміри 8, 9.
- 010.04 Точити канавку остаточно в розміри 8, 9.
- 010.05 Свердлувати 2 отвори, в розмір 10.

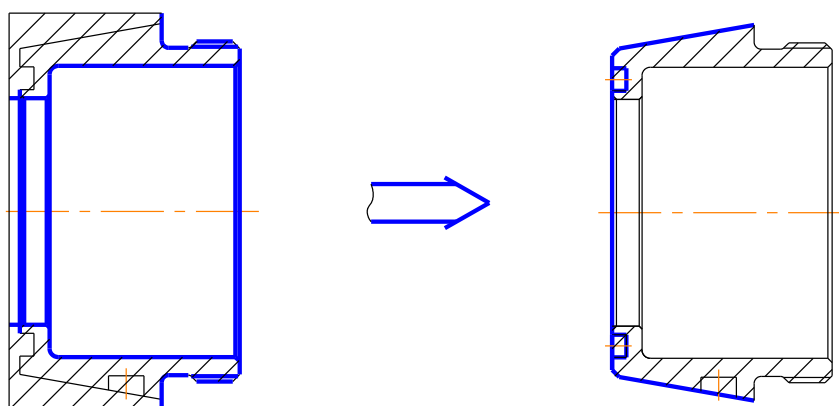


Рисунок 2.2 - Перевстановлення заготовки при обробці з іншого боку на іншій шпindelній бабці

Таблиця 2.2. - Послідовність обробки

Поверхні	ITi	Ra	Послідовність виготовлення	ITi	Ra
	Згідно креслення			Після обробки	
1	14	6,3	Свердління остаточно	14	6,3
2	5	2,5	Свердління остаточно	12	6,3
			Розточування остаточно	10	3,2
			Розточування викінчувально	5	2,5
3	7	2,5	Розточування попередньо	14	6,3
			Розточування остаточно	10	2,5

			Нарізання різьби	7	2,5
4	14	6,3	попереднє розточування	14	6,3
5,6,7	10	2,5	попереднє розточування остаточне розточування	14 10	6,3 2,5
8,9	10	2,5	попереднє розточування канавки остаточне розточування канавки	14 10	6,3 2,5
10	14	6,3	Свердління остаточне	14	6,3

Таблиця 2.3. - Режими різання

№	Інструмент	Поверх- ня №	D, max мм	V м/хв	S мм/об	L мм	n <sub>min.</sub> об/хв	n <sub>p.</sub> об	t, с.
<b>Перехід №1</b>									
1	Свердло типу 880-D1600L20-03	3	16	150	0,1	18	3001	180	3,6
	Пластина типу 880-02 02 04H-C-GR	5	17	160	0,1	15	3001	150	3,0
	GC 1044								
	Пластина типу 880-02 02 W05H-P-GR								
	GC 4044								
2	Різець марки 0670-13010-603-001	3	28	264	0,2	7	3001	35	0,7
	(S25T-SCLCL 12)	6	28	264	0,2	9	3001	45	0,9
	Пластина марки CCGX 12 04 08-AL	9	24	226	0,2	3	3001	15	0,3
	H10								
3	Різець марки 0710-13010-617-001	3	20,55	194	0,2	16,5	3001	85	1,7
	(S16R-SCLCR 09-M)	6	21,15	199	0,2	2,5	3001	15	0,3
	Пластина марки CCGX 09 T3 04-L								
	H10								
4	Різець марки 0680-13010-633-001	3	28	140	0,1	7	1600	72	2,7
	(LAG 151.32-20Q-20)								

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

	Пластина типу N 151.3-200-20-4G								
	H13A								
5	Різець марки 0710-13010-657-001 (L 166.4KF-25F16)	3	24	130	0,75	7	1722	80	0,4x7
	Пластина маки L 166.OG-16MM01-75								
	H13A								
	<b>Перехід №2</b>								
6	Різець марки 0670-13010-603-001 (S25T-SCLCL 12)	3	28	264	0,2	7	3002	35	0,7
		6	26,53	250	0,2	12	3002	60	1,2
	Пластина марки CCGX 12 04 08-AL								
	H10								
7	Різець марки 0710-13010-633-001 (L 154.91-2020-3)	3	20,4	109	0,04	3	1703	34	2,7
		5	16,6	89	0,06	2	1703	34	1,2
	Пластина марки R 154.91-3 160								
	H13A								
8	Фреза ном. R216.12-02530-BS30P 1630	3	6	94	0,01	3	5000	100	1,8x2

Головною складовою при точінні буде тангенційна складова сили різання,  $P_Z$ .

$$P_Z = 10 C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_{MP}$$

де:  $C_P$ ,  $K_P$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $n$  - поправочні коефіцієнти;

$S=0,2$  мм/об - це подача, в мм/об;

$t= 2,0$  мм – це припуск на обробку в даній операції,

$V=160$  м/хв – це швидкість різання.

$$C_P=300,$$

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x=1.0,$$

$$y=0.75,$$

$$n=-0.15$$

$$C_p = 68;$$

$$Q = 1,0;$$

$$K_{MP} = (750/750)^{0.75/0.75} = 1,0.$$

Маємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2.0^{1.0} \cdot 1.1^{0.75} \cdot 160^{-0.15} = 5404 H .$$

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Розрахунок кульково-гвинтової передачі

##### 3.1.1. Попередній розрахунок розмірів кульково-гвинтової передачі.

1. Виходячи з умов потрібної довжини робочого ходу столу розраховуємо довжину різьби на гвинті:

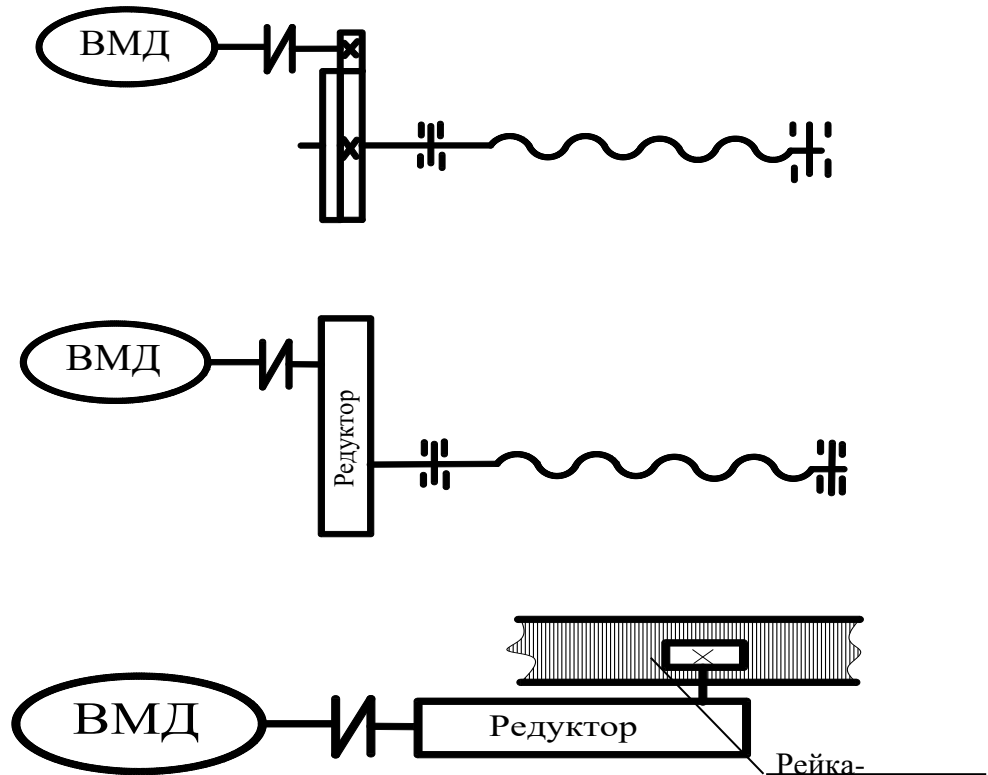


Рисунок 3.1 - Схеми кульково-гвинтових передач (КГП)

$$l_{p.x} = l_{p \max} + l_z + l_{уц} + l_{пероб} = 1,25 \cdot l_{p \max}$$

$$l_{p.x} = 1,25 \cdot 950 = 1187 \approx 1200 \text{ мм.}$$

2. Загальна довжина гвинта:

$$L = 2400 \text{ мм.}$$

3. З умови технологічності обробки бажано виконувати умову

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\frac{L}{d_o} \leq 30$$

Відповідно діаметр гвинта:

$$d_o = \frac{L}{30} = \frac{2400}{30} = 80 \text{ мм}$$

4. Зважаючи на нормаль верстатобудування Н23-7 вибираємо параметри профілю різьби:

$$\alpha = 45^\circ; \quad r_1 = 3,0 \text{ мм}; \quad d_{кв} = 76,76 \text{ мм};$$

$$d_1 = 6 \text{ мм}; \quad r_2 = 3,12 \text{ мм}; \quad d_{нв} = 78,2 \text{ мм};$$

$$t = 10 \text{ мм}; \quad r_3 = 0,6 \text{ мм}; \quad d_{кз} = 84,24 \text{ мм};$$

$$C_1 = C_2 = 0,085 \text{ мм}; \quad r_4 = 0,4 \text{ мм}; \quad d_{вз} = 80,9 \text{ мм};$$

5. Канал для повернення кульок робимо у вигляді вкладки. Тому кількість кульок в кожному витку :

$$z_i = \pi \cdot \frac{d_o}{d_1} - 5 = \pi \cdot \frac{80}{6} - 5 = 36;$$

6. Кількість робочих кульок в гайці :

$$z = 3 \cdot z_i = 3 \cdot 36 = 108.$$

### 3.2. Перевірочні розрахунки кульково-гвинтової передачі

#### 3.2.1. Розрахунки на статичну міцність.

Контактна напруга  $\sigma_k$  в гвинті не повинна перевищувати статичного напруги, що визначається з умови відсутності пластичного деформування.

Контактна напруга в гвинті визначається за формулою:

$$\sigma_k = m_\sigma \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot E^2 \cdot (r_2 - r_1)^2}{r_1^2 \cdot r_2^2}},$$

де  $m_\sigma$  - коефіцієнт - функція головної кривизни  $\frac{A}{B}$

$$m_\sigma = \left( 1,32 - 3,49 \cdot \frac{A}{B} \right)^2 = (1,32 - 3,49 \cdot 0,0352)^2 = 1,433$$

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\frac{A}{B} = \left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \left(1 - \frac{r_1}{r_0} \cdot \cos \alpha\right) = \left(1 - \frac{3,0}{3,12}\right) \cdot \left(1 - \frac{3,0}{25} \cdot \cos 45\right) = 0,0352$$

$$\frac{r_1}{r_0} = 0,07 \div 0,20$$

$$r_0 = \frac{r_1}{0,07 \div 0,20} = 42 \div 15 \text{ мм}$$

Вибираємо:  $E$  - модуль пружності матеріалу тіл контакту  $E = 2,1 \cdot 10^7 \text{ Н}$ ;  $P$  - нормальне навантаження в одній кульці;  $r_1, r_2$  - радіуси кривизни тіл стискування;  $\alpha$  - кут контакту тіл.

Допустиме контактне напруження:

$$\sigma_k = 1,433 \cdot \sqrt[3]{\frac{347 \cdot (2,1 \cdot 10^6)^2 \cdot 0,12^2}{3,0^2 \cdot 3,12^2}} = 90460 \text{ Н / см}^2 ;$$

Допустиме статичне напруження на одну кульку :

$$[P]_{ст} = 2 \cdot d_1^2 = 2 \cdot 6^2 = 720 \text{ Н} ;$$

Допустиме навантаження на гвинт внаслідок відсутності попереднього натягу:

$$[Q]_{ст} = z_{розр} \cdot [P]_{ст} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \lambda = 0,7 \cdot 108 \cdot 72 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5 = 38340 \text{ Н} ,$$

де  $z_{розр}$  - розрахункове число кульок в гайці.

В попередніх розрахунках використовуємо формулу  $z_{розр} = 0,7 \cdot z$ , але при навантаженнях значно менших за гранично допустимі, величина  $z_{розр}$  зменшується. Тому після проведення попереднього розрахунку проводимо уточнення  $z_{розр}$  і перераховуємо на статичну міцність і довговічність.

$\lambda$  - кут нахилення гвинтової лінії  $\lambda = 5^\circ$ .

### 3.2.2. Розрахунок на довговічність при втомленні поверхневих шарів.

Допустимі контактні напруги за розрахунку на статичну міцність і довговічність часто співпадають (за базового числа циклів  $10^7$ ), тобто приведення навантаження до базового числа циклів виконаємо за

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою коефіцієнта довговічності :

$$K = K_Q \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot T \cdot n \cdot c_i}{10^7}},$$

де  $K_Q$  - коефіцієнт зміни навантаження  $K_Q = 0,9$  ;  $T$  - розрахунковий термін служби передачі  $T = 5000 год$  ;  $n$  - розрахункова кількість оборотів за хвилину гвинта

$$n = \frac{n_{max} + n_{min}}{2} = \frac{3,0 + 115}{2} = 59 об / хв ;$$

$c_i$  - кількість циклів навантаження в один оберт гвинта:

$$c_i = 0,5 \cdot z_i \cdot \left( 1 + \frac{r_1}{r_0} \cdot \cos \alpha \right) = 0,5 \cdot 36 \cdot \left( 1 + \frac{3,0}{25} \cdot \cos 45 \right) = 21 ;$$

$$K = 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 5000 \cdot 59 \cdot 21}{10^7}} = 3$$

Допустиме навантаження на одну кульку при довговічності  $T = 5000 год$ :

$$[P] = \frac{[P]_{cm}}{K} = \frac{72}{3} = 240 Н ;$$

Допустиме навантаження на гвинт за відсутності натягу:

$$[Q] = \frac{[Q]_{cm}}{K} = \frac{3834}{3} = 12780 Н ;$$

Розрахункова кількість кульок в гайці (за відсутності натягу):

$$z_{розр} = 0,7 \cdot z \cdot \sqrt{\frac{Q}{[Q]}} = 0,7 \cdot 108 \cdot \sqrt{\frac{1278}{3834}} = 43 ;$$

Допустиме навантаження на гвинт через відсутність попереднього натягу:

$$[Q]_{cm} = 43 \cdot 72 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5 = 21810 Н ;$$

Допустиме навантаження на гвинт за відсутності натягу:

$$[Q] = \frac{2181}{3} = 7270 Н .$$

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

### 3.2.3. Розрахунок попереднього натягу.

Визначаємо максимальну допустиму силу натягу на одну кульку:

$$P_{n.\max} = [P] \cdot \left(1 - 0,55 \cdot \frac{Q}{[Q]}\right) = 24 \cdot \left(1 - 0,55 \cdot \frac{255}{727}\right) = 19H ;$$

Мінімальна допустима сила натягнення на одну кульку :

$$P_{n.\min} = 0,5 \cdot \frac{Q}{z_{\text{розр}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \lambda} = 0,5 \cdot \frac{255}{0,7 \cdot 108 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5} = 3,9H ;$$

Приймаємо силу натягу  $P_n = 10H$ .

Найвище осьове навантаження, що є допустимим при даному зусиллі попереднього натягу:

$$[Q]_n = [Q] \cdot \frac{[P] - P_n}{0,55 \cdot [P]} = 727 \cdot \frac{24 - 10}{0,55 \cdot 24} = 771H ;$$

Розрахунок реальної передачі проводять виходячи з розрахункового числа кульок в гайці, а не від загальної кідькості робочих кульок. Знаходимо розрахункову кількість кульок в гайці ( за наявності натягу):

$$z_{\text{розр}} = 0,7 \cdot z \cdot \sqrt{\frac{Q}{[Q]_n}} = 0,7 \cdot 108 \cdot \sqrt{\frac{255}{771}} = 45 ;$$

$$Q_1 = \frac{Q}{z_{\text{розр}} \cdot \sin 45 \cdot \cos 5} = \frac{255}{45 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5} = 80H$$

$$P_{\min} = 0,5 \cdot \frac{255}{45 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5} = 40H ;$$

Залежно від осьового навантаження за наявності попереднього натягу за рис.17 [3] знаходимо сили, які діють на кульки :

$$\frac{Q_1}{P_n} = \frac{8}{10} = 0,8 ; \quad \frac{P_1}{P_n} = 1,45 ; \quad \frac{P_2}{P_n} = 0,75 ;$$

Відносне осьове переміщення профіля різі гайок, що є необхідним для отримання сили натягу  $P_n$  :

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$\delta_H = 6 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_H^2}{d_1}} = 6 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^2}{6}} = 15 \text{ мкм} ;$$

Осьове переміщення гайки по відношенню до гвинта в результаті контактної деформації за навантаження  $Q = 255 \text{ кГ}$  :

$$\delta = \frac{1,4}{\sqrt[3]{d_1 \cdot P_H}} \cdot \frac{Q}{z_{розр}} = \frac{1,4 \cdot 255}{\sqrt[3]{6 \cdot 10 \cdot 45}} = 2,03 \text{ мкм}$$

### 3.2.4. Розрахунок енергетичних втрат.

Трема визначити коефіцієнт корисної дії при наявному попередньому натязі:

$$\eta_H = K_\eta \cdot \frac{\text{tg} \lambda}{\text{tg}(\lambda + \rho)},$$

де:

$$K_\eta = \frac{\frac{P_1}{P_H} \cdot \cos(\lambda + \rho) - \frac{P_2}{P_H} \cdot \cos(\lambda - \rho)}{\frac{P_1}{P_H} \cdot \sin(\lambda + \rho) - \frac{P_2}{P_H} \cdot \sin(\lambda - \rho)} \cdot \text{tg}(\lambda + \rho)$$

$$K_\eta = \frac{1,45 \cdot \cos 3,3 - 0,75 \cdot \cos 2,7}{1,45 \cdot \sin 3,3 - 0,75 \cdot \sin 2,7} \cdot \text{tg} 3,3 = 0,8366$$

$$\text{tg} \rho = \frac{f_k}{r_1 \cdot \sin \alpha} = \frac{0,001}{0,3 \cdot \sin 45} = 0,004714,$$

$$\rho = 27' ,$$

$$\eta_H = 0,8366 \cdot \frac{0,0524}{0,0577} = 0,76$$

Найменше навантаження, починаючи з якого передача перестає бути самогальмуючою:

$$Q_{\text{гальм}} = \left( \frac{Q_1}{P_H} \right)_{\text{гальм}} \cdot z_{\text{розр}} \cdot P_H \cdot \sin \alpha \cdot \cos \lambda = 0,13 \cdot 45 \cdot 10 \cdot \sin 45 \cdot \cos 5 = 412 \text{ Н}$$

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Тому, момент тертя в ущільненні і в манжеті

$$M_{поди} = 1,5H \cdot m$$

Максимальна робоча подача при цьому:

$$V_{Pmax} = 15мм / мин$$

Швидкість холостого руху визначається

$$V_{Pmax} = 20000мм / мин$$

Частота обертання двигуна при холостому ході  $n_0 = 1200 об / мин$

Складову ваги супорта в напрямку подачі визначимо:  $G_x = 2,35кН$

Відносна тривалість дії навантаження у приводі поперечної подачі:

$$a_1=0,02; a_2=0,16; a_3=0,01; a_4=0,01$$

Моменти інерції в елементах приводу, заведені до двигуна:

Гвинт із шківом та деталями – 0,0162 кг·м<sup>2</sup>

Для приводу без двигуна – 0,032 кг·м<sup>2</sup>

Використаємо двигун 5А160М4АОЗ, час перехідних процесів у якому не перевищує 0,2 с.

Розв'язок. Виконаємо статичний розрахунок:

Статичний момент у двигуні визначаємо за формулою:

$$M_{ст}^p = M_Q^p + M_{mp}^n,$$

де  $M_Q^p$  і  $M_{mp}^n$  - моменти від рушійного зусилля  $Q_p$  і від постійних зусиль тертя в рухомих ланках механізмів.

Визначаємо рушійну силу  $Q_p$  за різних режимів роботи:

За різання з максимальною силою подачі:

$$Q_p = P_x + G_x + F_{mp}^n = 6000 - 2350 + 300 = 3950Н$$

За різання з середньою силою подачі:

$$(P_x)_{cp} = 0,5P_x$$

$$Q_{cp} = 3000 - 2650 + 300 = 0Н$$

Навантаження при холостому ході залежить від напрямку руху

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

супорта, при цьому час роботи при холостому ході включає підведення і відведення:

За холостого підведення:

$$(Q_x)_{\text{подв}} = -G_x + F_{\text{тр}}^n = -2350 + 300 = -2050H$$

За холостого відведення:

$$(Q_x)_{\text{отв}} = G_x + F_{\text{тр}}^n = 2350 + 300 = 2650H$$

У випадках, коли існує тягове зусилля, приймаємо, що у передачі гайка-гвинт кочення момент на двигуні та момент постійних втрат є рівними. Тому при різанні з середнім зусиллям подачі і на холостому підведенні:

$$M_{Q2}^x = (M_{Q2}^x)_{\text{подв}} = M_{\text{тр}}^n$$

Момент постійних втрат в приводі верстата, приведений до двигуна, містить моментувтрат на гвинті.

$$M_{\text{тр}}^n = M_{\text{в}} + M_{\text{поди}} + M_{\text{ули}} + M_{\text{он}} = 0,63 + 0,1 + 1,5 + 0,53 = 2,76H \cdot м$$

Цикл навантаження характеризується чотирма рівняннями (з урахуванням процесу відведення)

$$M_1 = (M_{\text{см}}^p)_{\text{max}} ; M_2 = M_{\text{тр}}^n ;$$

$$M_3 = (M_Q^x)_{\text{отв}} = (M_{\text{см}}^x)_{\text{min}} ; M_4 = M_{\text{пер}}$$

За цього еквівалентний момент навантаження:

$$M_{\text{тр}}^n = \sqrt{M_{\text{max}}^2 \cdot a_1 + M_{\text{ср}}^2 \cdot a_2 + M_{\text{min}}^2 \cdot a_3 + M_{\text{пер}}^2 \cdot a_4} = \sqrt{0,02 \cdot 7^2 + 3,28^2 \cdot 0,16 + 8,2^2 \cdot 0,01 + 70 \cdot 0,01} = 7,2H \cdot м$$

Двигун підпадає під вимоги:  $7 < 14$  кН.

Динамічний розрахунок приводу.

Необхідний динамічний момент двигуна знаходимо за формулою:

$$M_{\text{дин}} = (I_{\text{пр}} + I_{\text{дв}}) \cdot \varepsilon \quad M_{\text{дин}} = (I_{\text{пр}} + I_{\text{дв}}) \cdot \varepsilon$$

Прискорення:

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$\varepsilon = \frac{0,63 \cdot \Delta \omega_{\text{дв}}}{T_n}$$

Визначимо час перехідного процесу:

$$t_n = \frac{(I_{np} + I_{\text{дв}}) \cdot \Delta \omega_{\text{дв}}}{(M_{\text{дин}})_{cp} \mp M_{np}^n} \cdot \varepsilon,$$

де:  $(M_{\text{дин}})_{cp}$  – усереднений динамічний момент, що розвивається двигуном при розгоні та частоті обертання, відповідній частоті швидкого обертання. Для визначення  $(M_{\text{дет}})_{cp}$  можна скористатися відповідними графіками або визначити наближення аналітично. Розбивши відрізок 0..m кривої характеристики високомоментного двигуна на ділянки, замінимо їх хордами і знайдемо наближене значення інтеграла:

$$t_n = \frac{\pi \cdot (I_{np} + I_{\text{дв}}) \cdot n_{\text{б}}}{30 \cdot [(M_{\text{дин}})_{cp} - M_{np}^n]} = \frac{3,14(0,032 + 0,0214) \cdot 1200}{30 \cdot (40,8 - 3,28)} = 0,18 \text{ с}$$

А час гальмування:

$$t_n = \frac{\pi \cdot (I_{np} + I_{\text{дв}}) \cdot n_{\text{б}}}{30 \cdot [(M_{\text{дин}})_{cp} + M_{np}^n]} = \frac{3,14(0,032 + 0,0214) \cdot 1200}{30 \cdot (40,8 + 3,28)} = 0,15 \text{ с}$$

Отже,  $t_{\text{Празг}} < 0,2 \text{ с}$  і  $t_{\text{Пторм}} < 0,2 \text{ с}$ , у якій тепер еквівалентний момент навантаження МЭ відображає характер роботи двигуна при змінному навантаженні. Умова  $M_{\text{Э}} < M_{\text{ном}}$  виконується (перевірялося раніше).

#### 3.4. Розрахунок затискного патрону

Спосіб затиску багато чим визначається напрямком затискного зусилля в зоні контакту затискного елемента з об'єктом закріплення. Розглянемо на прикладі затиск деталей типу тіл обертання.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

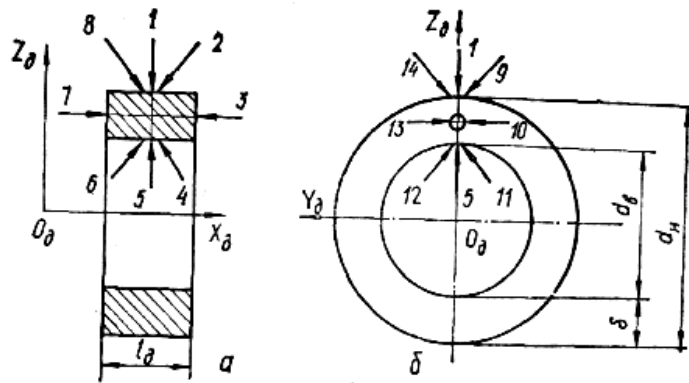


Рисунок 3.3 - Результуючі зусилля затиску в патроні

Затиск циліндричної деталі може визначатися силою  $S$  або моментом  $M_3$  приводу, що створює напрям затискного зусилля. У площині осі деталі існує 8 напрямів (рис. 3.3, а), а в перпендикулярній площині – ще 6 напрямів (рис. 3.3, б), що визначають тип затиску: радіальний, кутовий, торцевий, клиновий, повідковий і комбінований. Для затиску прутків можна застосовувати тільки зовнішній затиск (радіальний, клиновий, кутовий і комбінований) з напрямками затискного зусилля.

Основні параметри затиску багато чим визначаються типом патрону та схемою замикання затискних сил.

У затискних патронах з механічним виконанням залежно від необхідного ходу затискних елементів (ЗЕ), зусиль і точності затиску вирізняють передавально-підсилювальні ланки (ППЛ): важелі (В), клинові (К), мембранні (М), пружні (П) і їх поєднання.

У замкнутій системі ЗМ силовий контур затискного патрону може бути замкнутим (радіальні зусилля затиску являють замкнутий багатокутник в площині, що перпендикулярна осі патрону), розімкненим (нормальні сили затиску паралельні осі патрону) і комбінованим (результуючі зусилля затиску діють у двох площинах і спрямовуються до вершини багатогранної піраміди). З іншого боку замкнутий силовий контур патрону є відкритим (затискні елементи при цьому не охоплені

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

загальним корпусом) та закритим, що залежить від типу останньої передавально-підсилювальної ланки патрона.

Заготовка характеризується змінним співвідношенням діаметрально-довжинних параметрів. У деталей з одним виродженням або гіперболізованим розміром число варіантів затиску скорочується. Наприклад, деталь типу мембрани можна затискати тільки по площині, оскільки товщина (довжина) прагне до нуля і, навпаки, пруток або дріт потрібно затискати і підтримувати уздовж більшого розміру, а для виключення прогинань – в двох і більш місцях.

Для затиску деталі використовується патрон поршневої групи. Патрон поршневий призначений для встановлення і закріплення штучних заготовок. Головними перевагами цього патрону є те, що він володіє великою жорсткістю, швидкістю затиску/розтиску, а також простий і надійний конструктивно.

Патрон поршневий (рис. 3.4) складається з корпусу 1 з прорізними пазами, упору 2, який фіксує кришку 3 і обмежує переміщення кулачків 4, установочного кільця 5, посадочний діаметр якого рівний 140Н6, трьох кулачків, дистанційної втулки 6, шпильки 7, зафіксованої в поршні 8 циліндровим штифтом 9. Кришка патрона і установочне кільце закріплені на корпусі гвинтами 10 М6 завдовжки 200 мм (використовуються гвинти з циліндричною головкою та шестигранним заглибленням під ключ).

Патрон за використання шпильки М16 з'єднується з різьбовою втулкою та затискною трубою, що в шпинделі. Патрон закріплено на торці 8-ма гвинтами М6.

Конструкція патрона поршневого показана на рис. 3.4.

Принцип дії патрона такий. Затискна труба завдяки різьбовій втулці і шпильки передає зусилля затиску на поршень патрона. Останній кутовими виступами з'єднаний з кулачками. Кулачки, ковзаючи по направляючих

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62



де  $M_{рез}$  – момент від сил різання тих, що діють на заготовку в процесі обробки,  $M_{тр}$  - момент від сил тертя на кулачках від сил затиску.

$$M_{рез} = P_z \cdot d_p / 2;$$

$$M_{тр} = T_{\Sigma} \cdot \mu \cdot \frac{d}{2};$$

де:  $T_{\Sigma}$  - зусилля затиску на кулачку патрона,

$\mu$ - коефіцієнт зчеплення між деталлю і кулачком,

$d_p$  - діаметр прикладення сили різання,

$P_z$  -тангенціальна складова сили різання. Тому отримаємо:

$$P_z \cdot \frac{d_p}{2} = T_{\Sigma} \cdot \mu \cdot \frac{d}{2};$$

$$T_{\Sigma} \cdot \mu = \frac{M_{рез}}{d_p} = \frac{P_z \cdot d_p}{d};$$

$$T_{\Sigma} = \frac{5404 \cdot 18}{23 \cdot 0,65} = 6506 \text{ Н};$$

$d$  – діаметр затиску,  $P_z$  – складова сили різання.

Дана формула дозволить визначити необхідне і достатнє зусилля затиску на кулачках.

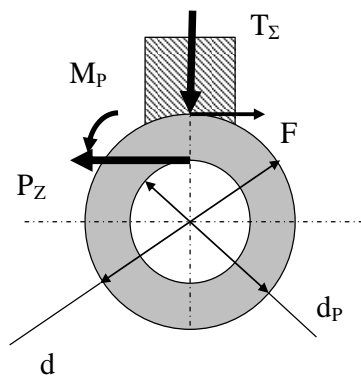


Рисунок 3.6 - Схема дії сил на один кулачок в патроні

Тип патрона і принцип затиску багато чим визначається типом і розміром деталі. Деталь встановлюють необробленою поверхнею у кулачки, які за дії пневматичного приводу затиску, який пересуває поршень уліво, рухаються радіально, затискаючи деталь.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Необхідна сила тяги на пневматичному приводі визначається за формулою:

$$F_I = 3T_{\Sigma} \cdot \eta \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho),$$

$$\eta = \operatorname{tg}\alpha / \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 15^{\circ}}{\operatorname{tg}(15^{\circ} + 6^{\circ})} = 0,698$$

де,  $\alpha = 20^{\circ}$ - кут клина (штоку патрона),  $\rho$  - приведений кут тертя,  $\eta = 6^{\circ}$ .

$$F_I = 3 \cdot 6506 \cdot 0,698 \cdot \operatorname{tg}(15^{\circ} + 6^{\circ}) = 5244 \text{ Н}$$

За врахування коефіцієнта запасу  $K=1.5$

$$F_{I\Sigma} = 1,5 \cdot 5244 = 7866 \text{ Н};$$

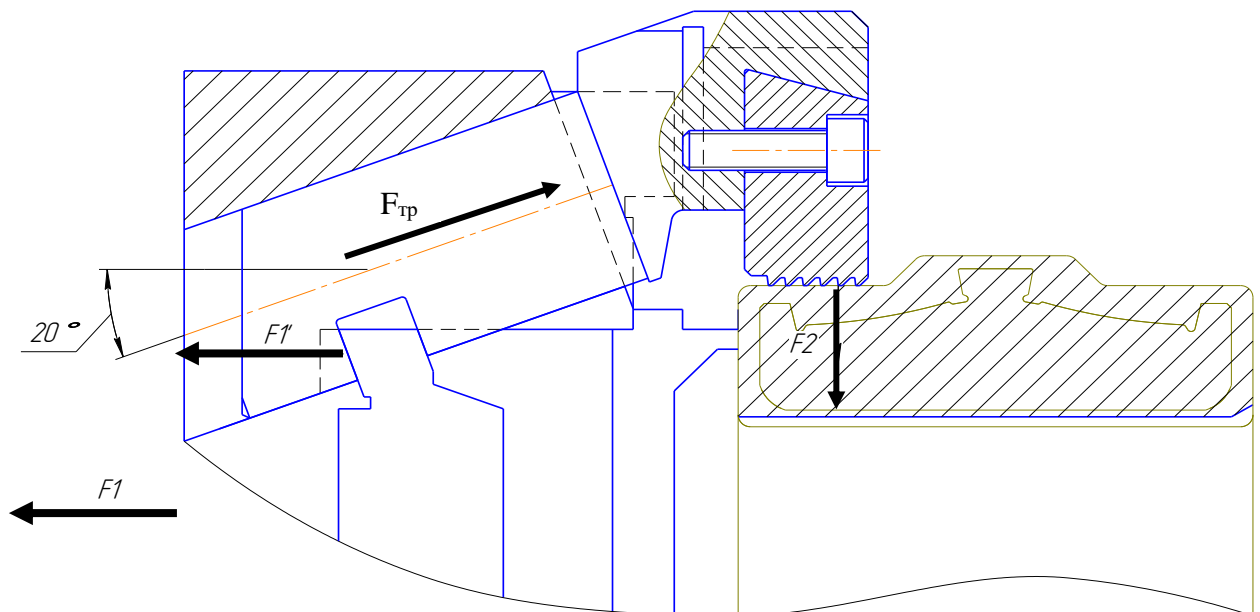


Рисунок 3.7 - Схема дії сил в патроні

Як привід використаний обертовий пневмоциліндр (рис. 3.8).

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

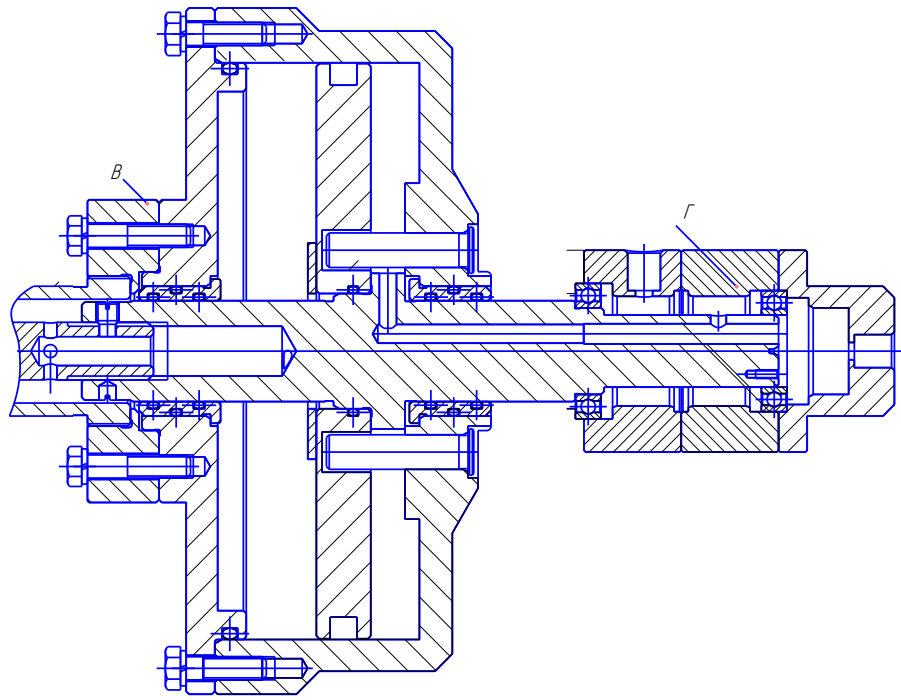


Рисунок 3.8 - Обертовий пневмоциліндр

Пневмопривід. Для автоматизації і механізації верстатних пристосувань застосовують такий пневмопривод, в якому стиснуте повітря подається в об'ємні пневматичні двигуни з пневмомагістралі. Тиск стиснутого повітря дорівнює 0,4-0,36 МПа (при максимально допустимому тиску 1 МПа). Пневмоприводи пристроїв мають наступні переваги перед гідро двигунами: а) відсутнє спеціальне джерело тиску, бо лінії стиснутого повітря існують на більшості заводів; б) відсутні зворотні трубопроводи, бо відпрацьоване повітря випускають в навколишнє середовище; в) проста апаратура і проводи. До недоліків пневмоциліндрів можна віднести малий робочий тиск стиснутого повітря, це викликає потребу у використанні циліндрів великого діаметру, а також механізми-підсилювачі (шарнірно-важільні, клинові, гвинтові, ексцентрикові або їх з'єднання). Це визиває ускладнення конструкції пневмопристроїв, збільшення габаритів та маси, і як наслідок збільшення площ при зберіганні цих пристроїв.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Відповідно пневматичні пристрої застосовуються для установки заготовок, що обробляються при невеликих зусиллях різання.

Сила штока пневмоциліндра, що тягне

$$F_{1\Sigma} = \frac{\pi}{4} D_u^2 \cdot P \cdot \eta;$$

де:  $D_u$  – діаметр циліндра робочий, у м;  $P$  – тиск повітря, що в пневмомережі,  $P=0,4$  МПа;  $\eta$  – ККД пневмоциліндра,  $\eta=0,85$ .

За формулою визначаємо робочий діаметр циліндра:

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot P \cdot \eta}};$$

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 7866}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} \approx 171,6 \text{ мм};$$

Значення  $D_u$  заокруглюємо до найближчого стандартного значення і беремо  $D_u=200$  мм. Інші розміри циліндра приймаємо за стандартами.

### 3.5. Висновки

У даному розділі кваліфікаційної роботи розглянуті конструкції 2-х шпиндельних верстатів з ЧПУ і виконані розрахунки основних вузлів, таких як механізм подач однієї з шпиндельних бабок.

Виконані розрахунки з вибором геометричних параметрів кульково-гвинтової передачі, виконані статичні і динамічні розрахунки.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1. Зменшення шуму і вібрації обладнання, що проектується

Робота великих токарних, револьверних верстатів-автоматів, особливо при виконанні різання заготовок з твердих металів, проводиться з високими рівнями шуму і вібрації. Даний факт впливає шкідливо на організм людини, бо знижує продуктивність роботи і якість продукції, яка випускається. Маючи вплив на нервову систему працюючих, шум і вібрація спричиняють швидке втомлення, збільшують число помилок при роботі, сприяють підвищенню травматизму. Захист від шуму і вібрації вважається важливою функцією охорони праці в цехах з металорізальним обладнанням.

##### 4.1.1. Характеристики шуму і вібрації.

Механічні коливання, які супроводжують роботу обладнання, призводять до зміни тиску повітря і до поширення звукових хвиль. Людське вухо перетворює звукові хвилі з частотою 20–20000 Гц в електричні сигнали, які потім сприймаються мозком як звук.

Розрізняють низько-, середньо- і високочастотний спектри шуму. Спектр низькочастотний має максимальний рівень тиску звукового на частотах до 400 Гц, середньочастотний 400 – 1000 Гц, високочастотний понад 1000 Гц. Шум більшості металорізальних верстатів має середньо- і високочастотний спектр в діапазоні частот 500 – 2000 Гц.

Шуми класифікують згідно ГОСТ 12.1.003 83 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» по їх спектру і тимчасовим характеристикам. Залежно від характеру спектра розрізняють тональні і широкополосні шуми.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

#### 4.1.2. Нормування виробничого шуму і вібрації.

Міра шкідливості виробничого шуму залежить від його рівня, характеру, тривалості дії, стану здоров'я людини і його індивідуальних особливостей.

Малий шум з рівнем звуку 50 – 60 дБ дає значне навантаження на нервову функцію людини. З підвищенням рівня звуку до 70 дБ шум надає фізіологічного впливу, що пов'язаний з виникненням цілого ряду захворювань.

#### 4.1.3. Методи боротьби з виробничим шумом.

Основними джерелами шуму більшості металорізального обладнання є працюючі приводи, електродвигуни, вібрації ріжучого інструменту, пневмо- і гідросистеми.

На рівень шуму з механічним походженням значно впливає зношене обладнання, і точність монтажу деяких вузлів і деталей. Щоб забезпечити зменшення шуму зубчастих передач і підшипників треба забезпечити своєчасний і якісний ремонт металоріжучого обладнання і суворо виконувати технічні вимоги при його монтажі.

Для зменшення шуму електродвигунів металорізальних верстатів їх поміщають в звукоізолюючі кожухи.

Основною причиною шуму, що супроводжує роботу сучасних пруткових автоматів, є удари прутка, що обробляється, об направляючі труби. Шум за їх роботи приблизно на 10 дБ перевищує допустиму величину. Знизити рівень шуму токарних пруткових автоматів дозволяють малошумні направляючі труби з цанговою подачею.

#### 4.1.4. Методи боротьби з вібрацією обладнання

Зменшення вібрації в джерелі виникнення є найбільш раціональним методом зниження вібрації обладнання. На стадії проектування потрібно

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

враховувати наступні рекомендації: пред'являти вимоги до точності балансування шпинделя, валів, муфт; бажано косо зубі шестерні ставити замість прямо зубих, також використовувати шевронні шестерні, застосовувати глобоїдне черв'ячне зачеплення; потрібно підвищувати клас точності оброблених шестерень, підвищувати чистоту обробки зубів; використати в ШВ металорізальних верстатів підшипники ковзання взамін підшипників кочення; застосовувати підшипники кочення більш високих класів точності, вибирати необхідні для зниження вібрації посадки у вузлах підшипників. Для того щоб знизити вібрації на обладнанні, що вже експлуатується, необхідно виконувати наступні вимоги: провести планово-попереджувальні ремонти обладнання; застосовувати рекомендовані для конкретного металу і режимів різання мастильно-охолоджуючі рідини, способи кріплення інструмента, заготовок, пристосування, яке підвищує жорсткість системи верстата; забезпечити якісну змазку вузлів підшипників, редукторів, кулачкових механізмів, своєчасно гострити ріжучий інструмент при його експлуатації.

Для зменшення передачі вібрацій металоріжучого обладнання на об'єкти захисту - підлогу, перекриття у виробничому приміщенні, людину, часто використовують віброізолятори різних конструкцій.

Перед установкою віброізоляторів враховують координати центра ваги обладнання і розташовують віброізолятори таким чином, щоб забезпечити їх рівномірне завантаження. У цей час налагоджено серійний випуск віброізоляторів різних конструкцій. Найбільше поширення для металорізальних верстатів отримали гумометалічні віброізолюючі опори ОВ-30, які і застосовуються в цьому випадку.

Частота власних коливань обладнання на таких віброізоляторах близько 1033 Гц, тому позитивний ефект вони починають забезпечувати тільки з частот вимушених коливань біля 14 46 Гц і більших.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Для зменшення вібрації тонкостінних металевих конструкцій обладнання (огорож, кожухів, повітроводів) на їх поверхню доцільно наносити вібродемпфуюче покриття. При цьому енергія механічних коливань переходить в теплову, що зумовлено значним внутрішнім тертям у в'язких вібродемпфуючих покриттях.

#### 4.2. Витяжна система верстата

Токарні верстати повинні мати можливість витягування забрудненого повітря із зони різання, а також оснащуватися індивідуальними пристроями, що приєднуються до верстатів з пилостружкоприймачами. При створенні надійних і ефективних систем витяжної вентиляції верстатів необхідно враховувати особливості протікання технологічного процесу, наявність впливу рухомого інструмента, заготовки, яка обробляється, та вузлів обладнання на спектр всмоктування місцевої атмосфери, увагу на фізичні властивості відходів, що утворюються, також звертати увагу на простоту і зручність обслуговування вентиляційної системи.

Процес обробки на автоматі є безперервним, тривалим, при цьому робочий простір закритий з усіх сторін захисними кожухами; в зоні обробки швидко зростає концентрація пилу і диму. Тому необхідно встановлювати місцеву систему відсосу і фільтрації повітря з робочої зони.

У автоматі, що проектується, застосовується установка відсосу пари фірми "ELBARON".

#### 4.3. Електробезпека обладнання

У умовах широкого поширення електроприводу в машинобудуванні велике значення приділяють питанням захисту працюючих від небезпеки враження струмом. Статистика показує, що із

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

загального числа смертельних нещасних випадків на виробництві значна частина відбувається внаслідок враження електричним струмом від мережі напруженням 380/220 В.

#### 4.4. Пожежна безпека

Небезпечними чинниками пожежі і вибуху, які діють на людину, вважають: відкритий вогонь з іскрами; висока температура повітря і предметів і т.п.; токсичні продукти горіння і вибуху; дим; знижений зміст кисню; пошкодження і обвал споруд, установок і їх осколки; ударна хвиля. Основні причини виникнення пожежі: порушення правил експлуатації електроустановок; несправність технічних засобів захисту від статичної електрики; порушення правил застосування легкозаймистих та горючих речовин.

Цех, обладнання, установки регулярно потрібно очищати від горючих матеріалів. Масляні речовини зберігають в металевих тумбах, а використані обтирочні матеріали - в спеціально відведених місцях.

При розміщенні обладнання в механічних цехах і на дільницях необхідно дотримувати мінімальні відстані між об'єктами, ширину проходів і проїздів. Не допускається захаращення проходів, проїздів, пожежного і аварійних виходів.

Використовують наступні вогнегасники:

— ОХП-10 вогнегасник хімічний пінний, в якому піна створюється за рахунок хімічної реакції між кислотою та лугом. Тривалість дії 60 сек. Дальність дії струменю 6...8 м. ОХП – 10 не можна застосувати при гасінні електричних машин під напругою т.д. Струмінь буде служити провідником електрично струму, а також речовин, які загоряються від дії води, таких як: калій, натрій, карбід кальція та ін.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ОУ–2, ОУ–5, ОУ–8 – вогнегасники вуглекислотні, призначені для гасіння невеликих загорянь усіх видів пальних і тліючих матеріалів, не викликаючи їх псування, а також електроустановок під напругою.

— ОВПУ–250, вогнегасник повітряно–пінний універсальний (стаціонарна установка пінного пожежегасіння). Тривалість роботи 3...4 хвилини. Площа гасіння до 30 м<sup>2</sup>, вага 450 кг. Застосовуються для гасіння пожеж вогненебезпечних речовин та легкозаймистих рідин.

Засоби пожежегасіння та пожежний інвентар повинні бути пофарбовані в колір у відповідності до вимог ГОСТ 15548 – 70.

Забезпечуємо ефективну вентиляцію, яка виключає можливість попадання на дільниці, в цеху вибухонебезпечної суміші. Вентиляційні установки захищають від поширення вогню за допомогою швидкодіючих заслонок і відсікачів.

Вибір світильників (ламп розжарювання) здійснюємо з урахуванням умов, в яких вони експлуатуються, що знижує їх пожежну небезпеку. Електромережу експлуатуємо в режимі, не перевищуючи допустимі навантаження і нагрів.

Проводимо періодичну перевірку несправності електроапаратури, розеток, вимикачів і т.д.

Забезпечуємо постійний нагляд за електроустановками, що експлуатуються; не допускаємо перенагрів підшипників і поверхонь тертя шляхом своєчасного і якісного змазування. Не допускаємо довгого перевантаження обладнання через небезпеку зайняття електродвигуна.

Встановлюємо датчики навантаження і температури мережі.

Для усунення пожежі використовуємо: воду, пісок, водяну пару, піну і вуглекислоту. Воду використовуємо у вигляді компактних і розпильних струменів. Піну використовуємо для гасіння легкозаймистих речовин, горючих речовин і нафтопродуктів. Вуглекислоту використовуємо для гасіння електроустановок які знаходяться під напруженням.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Приміщення цеху, дільниці обладнуємо вогнегасниками, ящиками з піском, пожежним інвентарем і сигналізацією.

Використовуємо автоматичні засоби виявлення пожежі, які дозволяють повідомити черговому персоналу про пожежу і місце її виникнення. З цією метою в приміщенні встановлюємо димові датчики.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Основним об'єктом кваліфікаційної роботи є верстат моделі ПАБ-130, що серійно випускався на ВАТ «Веркон».

В даному верстаті рекомендовано застосовувати привод з безступінчатим регулюванням швидкості. Основними перевагами цих приводів є підвищення продуктивності обробки за рахунок точного налагодження швидкості, оптимальної по режимах різання, можливість плавного регулювання швидкості під час обробки. Для забезпечення безступінчатого регулювання швидкості використаємо двигун постійного струму з тиристорним управлінням.

В процесі виконання роботи проведено:

- аналіз технічних характеристик верстата;
- розрахунок механізму кульково-гвинтової передачі і приводу подач бабки шпинделя;
- огляд існуючих двошпindelних верстатів з ЧПУ.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Д.Рудь, Т.Є.Божко, Т.Н.Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр) / Навчальний посібник/ Під загальною редакцією професора В.Д.Рудя – Луцьк: Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500 с.
2. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів. –Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 358 с.
3. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.
4. Joaquim Augusto Guerra Hamuyela, Kuznetsov Yu.N., Hamuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja- Imprensa, 2019. – 320 p.
5. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
6. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
7. Технологічна оснастка: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
8. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч. посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми :

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СумДУ, 2020. — 140 с.

9. Петров О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
10. ГОСТ 3.1107 – 81. Опори, затискні та установочні пристрої.
11. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Дичковський М.Г. Навчальний посібник -К.: Кондор, 2008. - 328с.
12. Черпаков Б. І. Техногічна оснастка: Підручник для установ серед. проф. освіти. – М.: Видавничий центр “Академія”, 2003. – 288 с.

					013Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77