

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
МОДЕРНІЗАЦІЯ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНОГО
ВЕРСТАТА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО РОБОТИ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи М-41
Волох Владислав Вікторович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
Шимчук Сергій Петрович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Пуць Віталій Степанович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *В. Пуць*

«___» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Волоху Владиславу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Модернізація круглошліфувального верстата для підвищення ефективності його роботи»*

Керівник роботи: *к.т.н., доцент Шимчук Сергій Петрович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «14» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови*

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

Вступ. 1 Оглядова частина. Аналіз круглошліфувальних верстатів. Будова та принцип роботи круглошліфувальних верстатів. Причини модернізації круглошліфувальних верстатів.

2 Проектно-конструкторська частина.

3. Експлуатаційна частина. Висновки.

Список використаної літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Система прижимного круга – 1 лист ф. А1

2. Шпindelь – 2 листа ф. А1

3. Робочі креслення деталей – 3 листа ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Шимчук С.П., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Шимчук С.П., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Шимчук С.П., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «19» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектно-конструкторська частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Експлуатаційна частина</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>01.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис) (Волох В.В.) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис) (Шимчук С.П.) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Волох В.В. Модернізація кругло шліфувального верстата для підвищення ефективності роботи. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі розглянуто автоматизація механізму правки круглошліфувальних верстатів MTF-130 і RFE-25E для спрощення і пришвидшення робочого процесу, який до моменту модернізації проводився працівникам підприємств у ручному режимі, що впливало на час роботи, якість продукції та безпеку працівників.

Ключові слова: ВЕРСТАТ, ШЛІФУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПНЕВМОСИСТЕМА, ЦИЛІНДР.

ANNOTATION

Volokh V.V. Modernization of a cylindrical grinding machine to improve operational efficiency. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineerig» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The purpose of the work is to automate the dressing mechanism of cylindrical grinding machines MTF-130 and RFE-25E to simplify and speed up the work process, which until the modernization was carried out by employees of enterprises in manual mode, which affected the working time, product quality and worker safety.

Keywords: MACHINE, GRINDING, AUTOMATION, PNEUMATIC SYSTEM, CYLINDER.

					<i>КРБ 0002.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Волох</i>				<i>Модернізація круглошліфувального верстата для підвищення ефективності його роботи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шимчук</i>						4	48
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Пучь</i>							

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз круглошліфувальних верстатів.	8
1.2 Будова та принципи роботи круглошліфувальних верстатів.	10
1.3 Причини модернізація круглошліфувальних верстатів.	14
2. ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИН	18
2.1 Модернізація круглошліфувального верстата для підвищення ефективності роботи.	18
2.2 Бізнес-цілі та очікувані вигоди.	19
2.3 Дизайн пристрою та принцип його роботи до і після модернізації. . .	19
2.3.1 Автоматичний режим роботи	23
2.3.2 Напівавтоматичний режим роботи	25
2.3.3 Правка налагоджувальний режим	26
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	27
3.1 Розрахунок і підбір пневмоцилінра для поступальних рухів вздовж робочої поверхні шліфувального круга	27
3.2 Розрахунок і підбір пневмоцилінра для прижимання ріжучого елемента до шліфувального круга.	35
ВИСНОВКИ.	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	46
ДОДАТКИ	48

					КРБ 0002.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

На сьогоднішній день ми можемо спостерігати невинний розвиток технологій, який впливає на усі галузі торгівлі, промисловості та побуту. Майже кожного нового дня винаходять нові, швидші, точніші способи досягнення вчорашніх завдань. У такий час важливо підтримувати високий рівень технологій, інакше існує ризик залишитися далеко позаду.

Щоб досягнути високої конкурентної спроможності у промисловості потрібно слідкувати за новими тенденціями та забезпечувати виробництво новітнім обладнанням. Будь якому виробництву важко постійно оновлювати своє обладнання тому досить часто постає питання вдосконалення уже наявного.

У цій роботі наведено приклад удосконалення одного із процесів шліфування роликів, а саме процес правки шліфувального елемента круглошліфувального верстата. Для даного процесу необхідно було зупинити процес виробництва та працівнику потрібно вручну відредагувати шліфувальне коло надавши йому правильної форми. Даний процес забирає досить багато часу та через людський фактор існує ризик помилки, що може призвести до псування оброблюваного тіла або до травмування людини що виконувала процес правки. Вирішенням цих проблем є автоматизація процесу правки за рахунок встановлення пневматичних систем для забезпечення горизонтальних і вертикальних рухів різця, який виконує процес правки шліфувального елемента, встановлення електронної системи керування для забезпечення необхідної точності і безпеки за рахунок усунення людської помилки. Дана модернізація матиме декілька режимів роботи для оптимізації робочих процесів виробництва.

Ця модифікація є актуальною для усіх типів круглошліфувальних верстатів із ручним методом проведення правки шліфувального елемента і дозволяє вдихнути нове життя в застаріле обладнання і дати йому змогу

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкурувати з сучасними аналогами. За рахунок цього вдосконалення можна зменшити кількість браку на виробництві (приблизно на 7%), уникнути нещасних випадків на виробництві, при цьому значно скорочується час обслуговування верстату, що в свою чергу дозволить збільшити обсяги виробленого продукту за такої самої якості виробу.

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз круглошліфувальних верстатів

У таких випадках коли виробнику необхідно досягти певних параметрів точності та якості продукту, вони використовують шліфувальні верстати. Ці параметри досягаються завдяки точності окремих вузлів верстата, застосуванню різних режимів роботи цих вузлів та за допомогою спеціалізованих інструментів. Як правило цими інструментами є шліфувальні кола різних форм, розмірів та зернистості

Залежно від призначення, існує декілька видів шліфувальних верстатів [2-7]:

- круглошліфувальні;
- внутрішньо - шліфувальні;
- плоскошліфувальні;
- безцентрово-шліфувальні;
- спеціалізовані;
- абразивно-відрізні;
- доводочні верстати: хонінгувальні, притирочні, полірувальні, і суперфінішні;
- заточні верстати.

Круглошліфувальні верстати призначені для обробки циліндричних поверхонь, зазвичай металевих. Це спеціалізоване обладнання застосовується у багатьох галузях промисловості, включно із машино, автомобіле та авіабудуванням.

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Круглошліфувальні верстати поділяються, за типом оброблювальної поверхні, на верстати для зовнішніх і внутрішніх робіт та універсальні.

- Верстати для зовнішніх робіт, в свою чергу, поділяються на:

-прості;

-універсальні;

-врізні;

-спеціальні;

Ці верстати дають змогу працювати із зразками довжиною до 5600 мм і діаметром до 450 мм.

- Верстати для внутрішніх робіт використовуються для обробки внутрішніх поверхонь, а саме отворів та циліндрів. У них може бути різна форма, включаючи розташування шпинделя: горизонтальне чи вертикальне. На такому обладнанні можна обробляти отвори довжиною від 800 до 1000 мм із діаметром від 3 до 800 мм.

- Універсальні верстати використовуються для обробки деталей з різними формами та розмірами. Вони дозволяють працювати із зовнішніми та внутрішніми поверхнями, а також із конічними та сферичними поверхнями. Верстати цього типу дозволяють виконувати внутрішнє шліфування отворів діаметром до 200 мм і довжиною до 125 мм

Круглошліфувальні верстати можуть бути механічними або з ЧПУ. У механічних верстатах шліфувальний круг встановлюється вручну, а обертання здійснюється через механізми приводу, як правило через двигун. У верстатах з ЧПУ шліфувальним колом керує комп'ютерна програма, яка забезпечує точність та повторюваність обробки, це дозволяє пришвидшити процес обробки за рахунок автоматизації процесу.

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центрові круглошліфувальні верстати дають змогу обробляти деталі з високою точністю, у тому числі з поверхнею, що центрує. Вони оснащені спеціалізованими інструментами для центрування деталей та забезпечення високої точністю.

Круглошліфувальні верстати можуть мати різні розміри та форми, залежно від поставлених завдань виробництва. Наприклад, можуть бути вертикальні або горизонтальні, з різним числом шпинделів та подачею, з різними системами охолодження тощо

Круглошліфувальні верстати із поперечним переміщенням шліфувального кола дозволяють вести високоточну обробку деталей з точністю до 0,001 мм. Вони оснащені спеціальним пристроєм для поперечного переміщення шліфувального кола, що дозволяє забезпечити більшу точність обробки.

1.2 Будова та принципи роботи круглошліфувальних верстатів [2-7]

Зовнішній вигляд внутрішньо-шліфувального верстата приведено на рис. 1.1.

Всі вузли верстата несе масивна станина з двома взаємно перпендикулярними направляючими для ручного встановлювального переміщення шпиндельної бабки і поздовжньо-поступального руху шліфувальної бабки. Заготовка встановлюється в патроні на шпинделі шпиндельної бабки і обертається зі швидкістю v , відносно осі шпинделю. Ця вісь разом з бабкою може повертатися в горизонтальній площині на кут до 45° , що дозволяє шліфувати внутрішні конуси. Під час роботи заготовка закривається щитком. Шліфувальний круг обертається зі швидкістю V_k .

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування гідросистемою верстата здійснюється з панелі 9, а електричної схеми - з панелі 7. Торцешліфувальний пристрій дозволяє за один установ виконувати обробку торця заготовки.

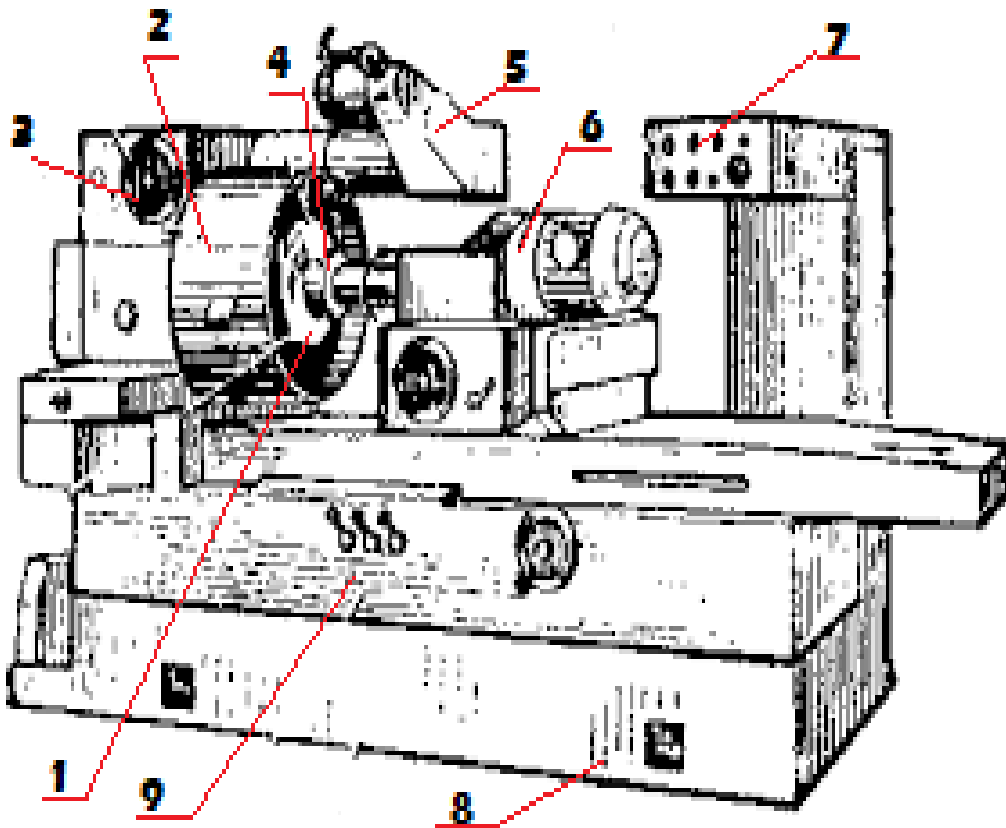


Рис. 1.1 Зовнішній вигляд внутрішньо-шліфувального верстата[2]:

1. Заготовка
2. Захисний щиток
3. Шпиндельна бабка
4. Шліфувальний круг
5. Торець
6. Шліфувальна бабка
7. Панель електричної схеми
8. Станина
9. Гідропанель

Зовнішній вигляд плоскошліфувального верстата з прямокутним столом приведено на рис. 1.2.

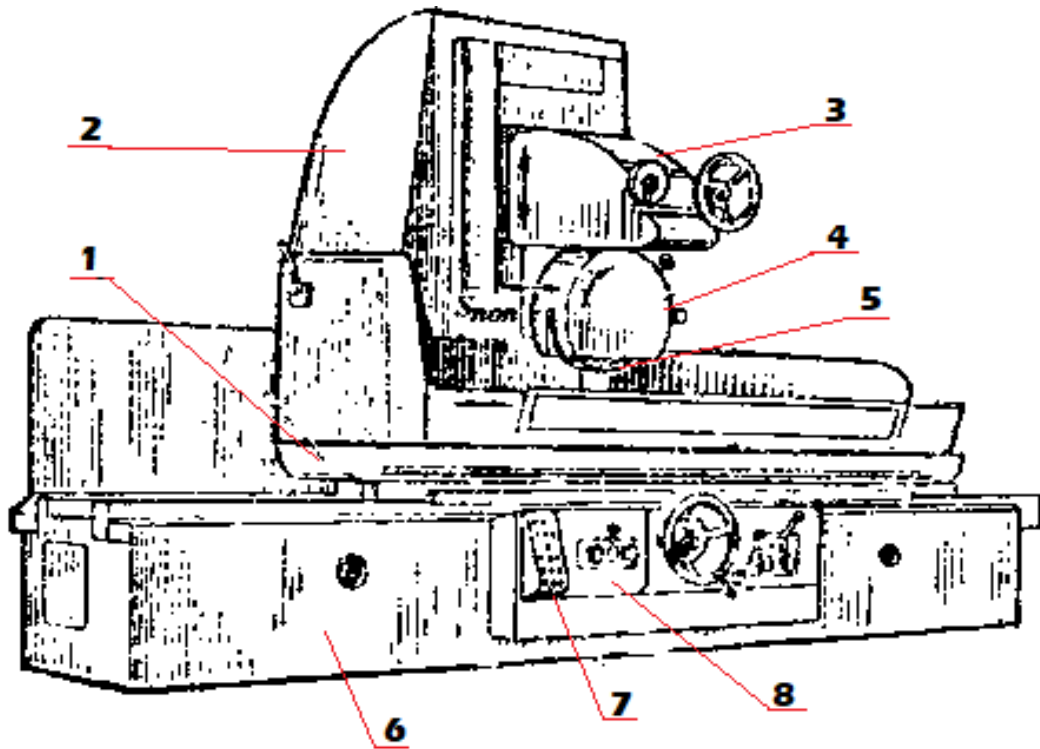


Рис. 1.2. Зовнішній вигляд плоскошліфувального верстата з прямокутним столом [2]:

1. Стіл
2. Стійка
3. Шпиндельна бабка
4. Кожух
5. Шпиндель з кругом
6. Гідропанель
7. Кнопкова станція
8. Станина

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

12

Всі вузли такого верстата розташовуються на Т-подібній станині з поздовжніми направляючими для стола, призначеному для закріплення деталей, що піддаються обробці. По поперечних і вертикальних направляючих пересувається шпindelна бабка з електродвигуном, який обертає шпindel з кругом. Шпindelна бабка розташована на стійці з вертикальними направляючими. Круг закрито кожухом, який запобігає розбризкуванню рідини та попаданню абразивних частинок і стружки в повітря. Керування верстатом здійснюється від гідропанелі і кнопочової станції.

Зовнішній вигляд універсального круглошліфувального верстата з ЧПК приведено на рис. 1.3.

Favorit CORE - універсальний круглошліфувальний верстат із ЧПК і панеллю для штучного та серійного виробництва заготовок різної форми та розміру. Відстань між бивнями становить 400 мм / 650 мм / 1000 мм / 1600 мм, а висота бивнів над столом - 175 мм. Максимальна вага заготовок на бивні становить 150 кг. Діапазон застосування може бути розширений за рахунок шліфування різьблення і некруглих контурів. Завдяки додатку StuderPictogramming програмування не потребує досвіду. Корпус верстата, відлитий із Granitan®, значною мірою компенсує динамічні коливання температури. Його можна легко адаптувати до різних завдань за допомогою широкого спектра приладдя, як-от вимірювання в процесі роботи, система балансування кола, виявлення контакту між колом і деталлю, а також поздовжнє та кутове позиціонування.

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис. 1.3. Зовнішній вигляд універсального круглошліфувального верстата з ЧПК [7]

1.3 Причини модернізації круглошліфувальних верстатів

Прогрес не стоїть на місці, що стосується і виготовлення різного роду верстатів. Щороку з'являються нові, сучасні зразки, які мають значно вищі характеристики, ніж їхні старіші аналоги. Підприємства, які мають краще оснащення можуть видавати продукцію кращої якості за короткий час. Проте не всі підприємства можуть дозволити собі найновіше обладнання, саме у таких ситуаціях виникає потреба модернізації наявного обладнання.

Модернізація діючого обладнання – це внесення у конструкцію машини змін та удосконалень, які підвищують її технічний рівень і параметри – продуктивність, довговічність і точність, безпечність роботи, легкість обслуговування.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Причиною модернізації застарілого обладнання може бути низька ефективність використання технологічного обладнання та високі витрати на виробництво, а для розширення технологічних можливостей верстата, збільшують кількість керуючих координат. До основних напрямків модернізації відносять: підвищення швидкохідності, потужності, жорсткості, вібростійкості, надійності, зменшення допоміжного часу, автоматизацію робочого процесу, покращення експлуатаційних якостей. До робіт з модернізації відносять також конструктивні переробки обладнання, що дозволяють використовувати верстат для роботи, до якої він не був призначений, або робіт зовсім не притаманних для даного виду обладнання. Удосконаленню конструкції при експлуатації піддається не тільки застаріле обладнання, а й нові верстати, якщо вони не в змозі виконати необхідну специфічну роботу.

Основні напрями модернізації:

- 1) забезпечення найповнішого використання можливостей сучасного різального інструмента;
- 2) концентрація операцій та переходів, що виконуються на верстатах;
- 3) скорочення витрат допоміжного часу;
- 4) автоматизація циклу обробки;
- 5) розширення технологічних можливостей верстата;
- 6) зміна основного технологічного призначення верстата;
- 7) спеціалізація верстата;
- 8) підвищення точності верстата;
- 9) покращення умов експлуатації верстата;
- 10) підвищення безпеки роботи на верстаті.

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Розглянемо кілька прикладів:

Приклад 1. Задача розробки полягає в оснащенні вдосконаленого верстата системою ЧПК, реалізація якої буде дешевшою порівняно із придбанням аналогічного за характеристиками і можливостями нового верстату. Цей верстат призначений для дрібносерійного та одиничного виготовлення валів та окремих деталей. Для робіт такого типу не потрібно використовувати верстат з особливими технічними показниками. За приклад візьмемо верстат 1Е611. Виходячи із ситуації з особистим складом: невеликий колектив робітників, більшість з яких не підготовлені для роботи з ЧПК, було прийнято рішення використати персональний комп'ютер (ПК), що спростить робочий процес. Реалізація цього рішення може бути підкріплена також економічними міркуваннями: наш варіант є дешевшим, що доцільно для верстату, який застосовують для випуску невеликих партій деталей відносно невеликої вартості із частою зміною об'єктів виробництва.

Приклад 2. Суть технічної проблеми в сучасному верстатобудуванні є однією з тенденцій розвитку так як і підвищення точності обробки та забезпечення допусків форми та розміщення. Точність обробки напряму залежить від точності самого верстата. Точність обробки на верстаті залежить від точності обертання шпинделя, точності та жорсткості підшипників і точності переміщення рухомих вузлів. Допуски форми і розміщення залежать від кількості установів, при яких обробляється деталь. Вирішення поставленої проблеми буде досягатись шляхом модернізації шліфувальної бабки. Модернізація шліфувальної бабки буде полягати у встановленні гідростатичного підшипника та механізму для автоматичного затиску інструмента. В якості аналогу можна, звичайно, використати уже існуючу на даному круглошліфувальному верстаті моделі 3У12УВФ10 шліфувальну бабку. В даній бабці застосовуються два гідродинамічні підшипники, в склад кожного із них входить корпус і три башмака. В корпус

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

кожного підшипника подається мінеральне масло, яке обмиває підшипникові шийки шпинделя і башмаки. Необхідний зазор між робочими поверхнями башмаків регулюється спеціальними гвинтами. Цей аналог є найкращим. Але оскільки розвиток науки та техніки вимагає нових рішень давно існуючих задач, тому проведемо модернізацію даної шліфувальної бабки вище вказаними шляхами, зменшивши при цьому радіальне биття шпинделя та збільшивши функціональність верстата [8-9].

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2 ПРОЄКТНО-КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

2.1 Модернізація круглошліфувальничго верстата для підвищення ефективності роботи

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженою тенденцією вдосконалення верстатів є їх повна або часткова автоматизації. Автоматизація дозволяє досягнути кращих результатів за короткий час і зменшити безпосередній вплив людського фактору, внаслідок чого збільшується загальна безпека виробництва.

За об'єкт модернізації візьмемо круглошліфувальний верстат MTF-130 і RFE-25E. Дані верстатів ідентичні за призначенням та функціоналом тому подальша модернізація підходить обом верстатам.

При масовому виготовленні роликів на даних верстатах необхідна періодична правка ведучого колеса через кожні 600-1000 штук оброблених деталей для забезпечення необхідної якості продукції, що виготовляється. Іноді цю дію доводиться робити частіше. Ця операція виконується вручну і вимагає дії оператора. Для правки ведучого колеса необхідно вручну зупинити машину, відкрити захисний кожух, включити обороти ведучого колеса і опустити алмаз до заданого розміру, а також вручну повернути роторне колесо для зносу/відновлення поверхні натискного колеса. В середньому кожна машина за робочу зміну виробляє 8000-13000 деталей, що означає 10-16 зупинок машини та участь оператора в процесі. Під час ручної правки круга існує ризик вдихнути частинки пилу від абразиву та отримати травму від пошкодження руки абразивним краєм обертового притискного круга. Також через людський фактор. Нова версія верстатів матиме автоматичну систему правки. Даним проектом передбачено встановлення пристроїв для автоматичного правлення.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Бізнес-цілі та очікувані вигоди

Забезпечити стандартну якість виготовленого продукту для забезпечення кінцевого споживача продукцією, яку він потребує. Дана модернізація зменшить час правки та налагодження верстатів, що в свою чергу зменшить середній час виготовлення продукції. Також це дозволить прибрати людський фактор з деяких технологічних ланцюжків виробництва, як наслідок скорочення кількості виробничого браку спричиненого людським фактором.

2.3 Дизайн пристрою та принцип його роботи до і після модернізації

Поточна конструкція пристрою забезпечує правку по окружності ведучого круга (рис. 2.1).

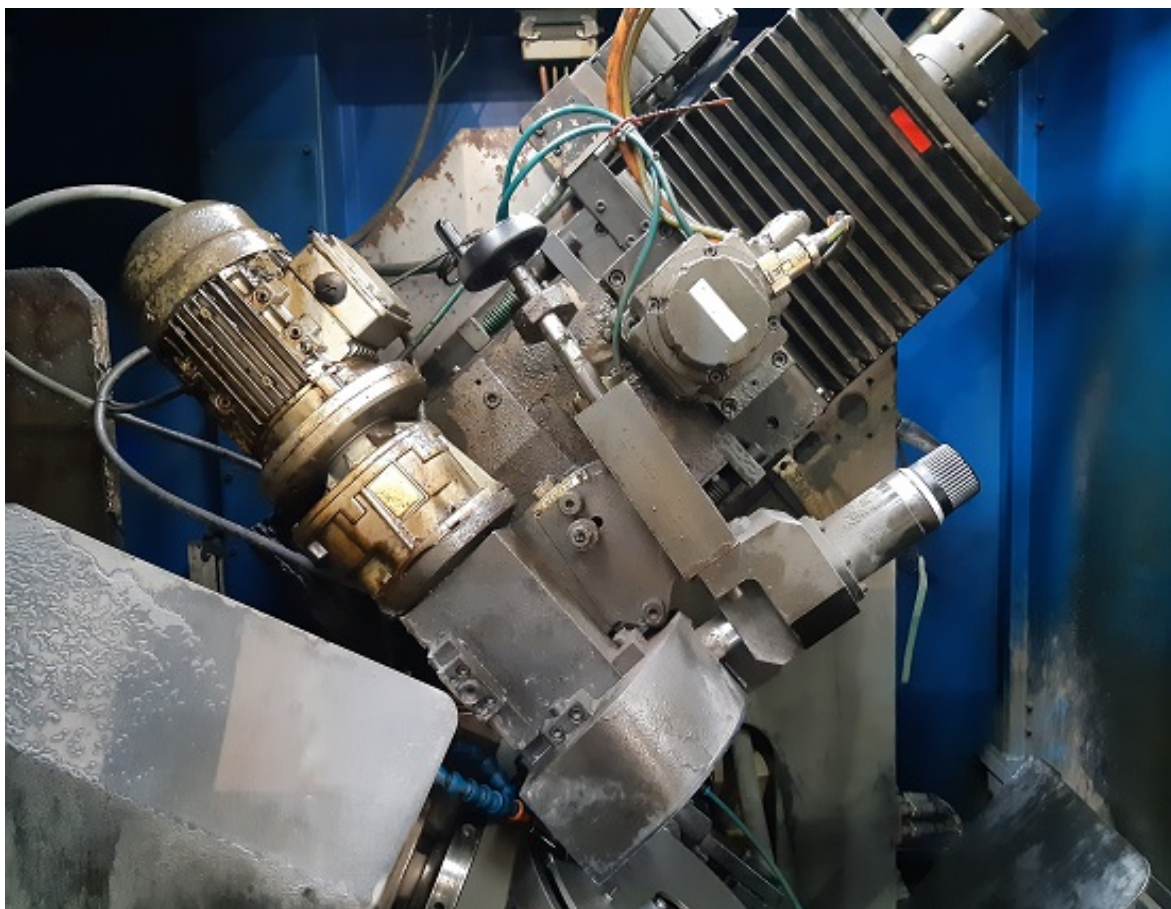


Рис. 2.1. Прижимний механізм RFE-25E

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Схему поточного принцип роботи правки шліфувального круга до модернізації приведено на рис. 2.2.

Оператор зупиняє верстат, вимикає шліфувальний круг, переводить роботу верстатату в «ручний режим»; на панелі оператора відкриває вкладку ведучого круга і вмикає ведучий круг (1); Повертає лімб (2) на величину по шкалі, що відповідає 0,05...0,1мм опусканню алмаза (3); з рівномірною швидкістю починає обертати корбу (4) переміщуючи піноль правки (5) в крайнє праве положення; Досягнувши крайнього правого положення оператор знову повертає лімб опускає алмаз (3) на 0,05...0,1мм.; Починає обертати корбу повертаючи піноль (5) у вихідне положення; Оператор проводить дану процедуру кілька разів, до моменту досягнення рівномірної поверхні ведучого круга. Останній «прохід» по кругу оператор проводить «виходжування» поверхні круга без опускання алмазу.

Пристрій правки ведучого круга модернізованих верстатів (рис. 2.3) призначений для автоматичної правки ведучого (притискного) круга в процесі роботи, а також в «напівавтоматичному» режимі і «ручному» режимі. В процесі правки задається профіль кута периферії ведучого круга, усувається радіальне биття ведучого круга і відновлюється зовнішній шар зерен абразиву, для відновлення зчеплення з веденим роликком

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

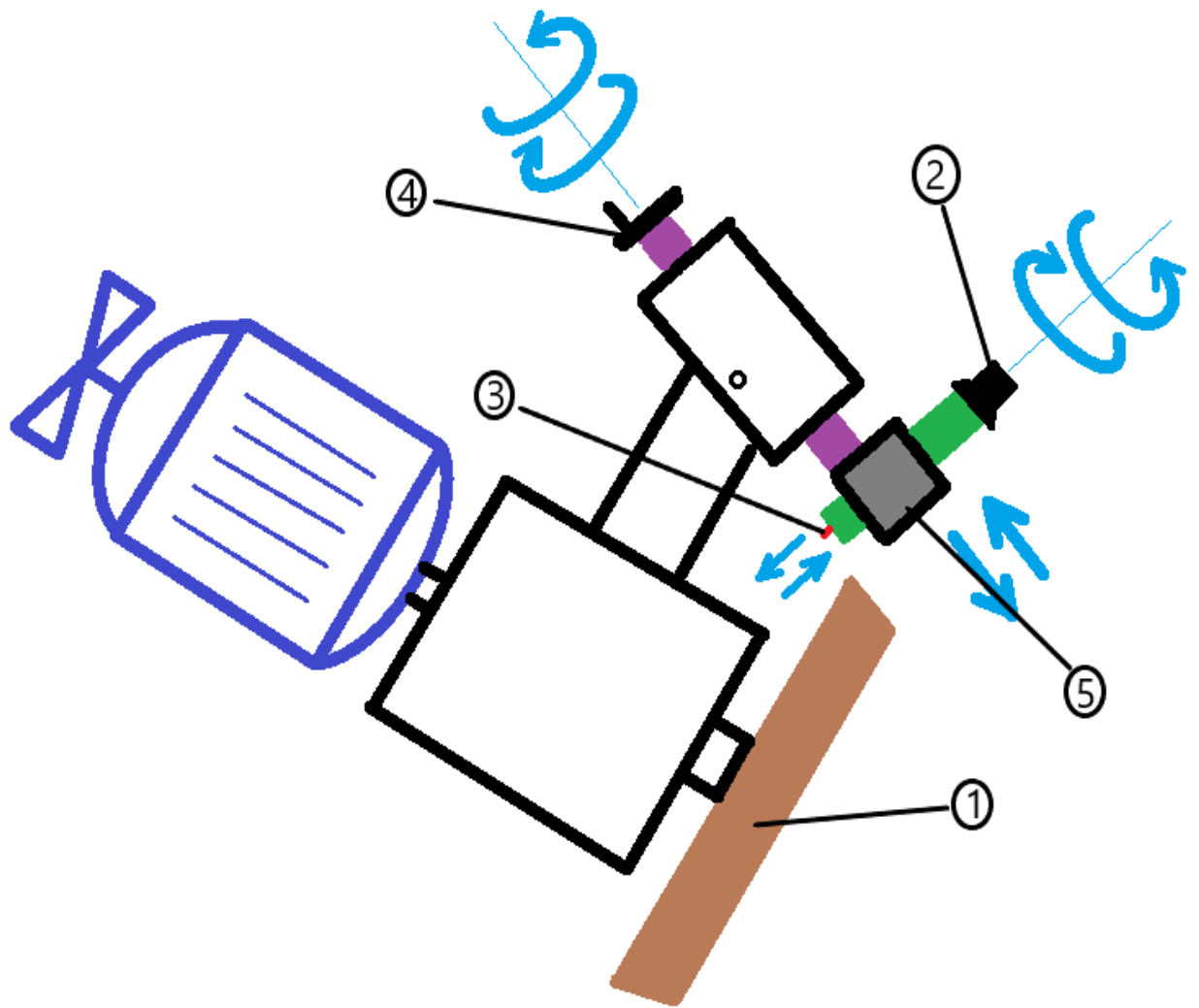


Рис. 2.2. Прижимний механізм RFE-25E до модернізації

1. Ведучий круг;
2. Лімб;
3. Алмаз (в оправі);
4. Корба;
5. Піноль правки

Конструкція після модернізації приведена на рис. 2.3.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

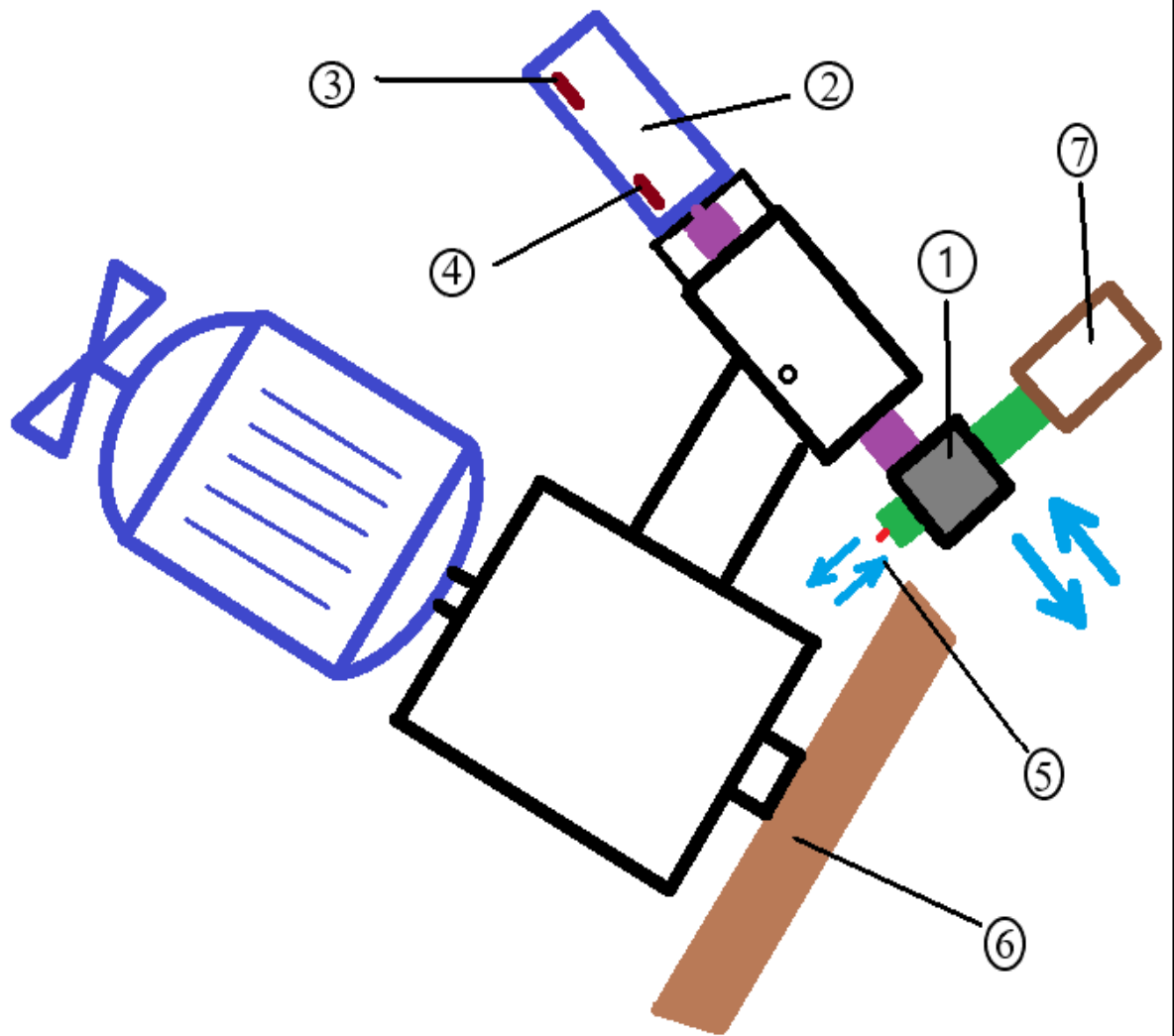


Рис. 2.3. Прижимний механізм RFE-25E після модернізації:

- 1 – піноль механізму правки;
- 2 – пневмоциліндр;
- 3 – давач вихідного положення;
- 4 – давач кінцевого положення;
- 5 – алмазотримач з алмазом;
- 6 – ведучий круг;
- 7 – серводвигун

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

Режими роботи механізму правки верстату

- автоматичний режим – який передбачає правку ведучого круга в процесі роботи верстату без безпосередньої участі оператора.

- напівавтоматичний режим – передбачає правку ведучого круга коли верстат не працює в автоматичному режимі, або зупинений і виклик даного режиму здійснюється оператором після натискання відповідної кнопки.

Налагоджувальний режим – передбачає здійснення «рухів» механізму правки ведучого круга в процесі налагодження верстату. Всі кінематичні рухи механізму правки здійснюються окремо натисканням відповідної кнопки: вперед/назад, підвід/відвід, «0» позиція тощо.

2.3.1 Автоматичний режим роботи / «Автоматична правка»

На панелі оператора в меню «Автоматична правка» оператор задає параметри автоматичної роботи вузла правки:

- Глибину правки ведучого круга (компенсація в діапазоні 0...0,15мм, де «0» - компенсація не здійснюється);

- Періодичність правки в штуках оброблених роликів (в діапазоні 0...5000шт, де 0 правка не проводиться);

- Кількість ходів правки (в діапазоні 1...50ходів).

В процесі автоматичної роботи верстату відбувається відлік оброблених заготовок, якщо кількість оброблених заготовок збігається з заданою оператором кількістю «періодичності правки» верстат зупиняє процес автоматичної обробки деталей та розпочинає автоматичний процес правки: рис. 2.4. Механізм перебуває у вихідному положенні давача (3), вмикається подача повітря в праву частину пневмоциліндра (2) який переміщує (швидко) піноль механізму правки (1) до моменту спрацювання давача кінцевого положення (4) рис. 2.5.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

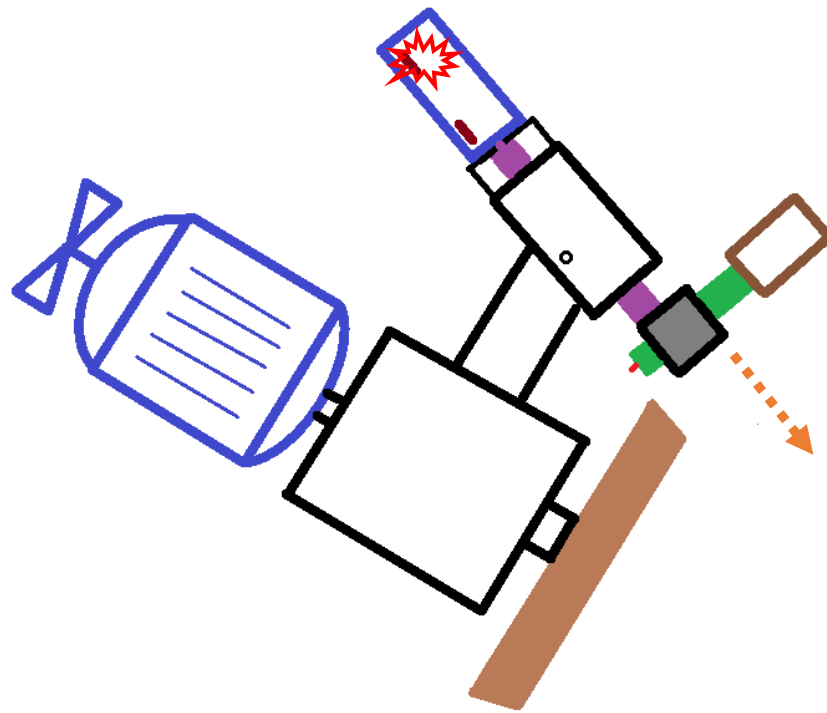


Рис. 2.4. Прижимний механізм RFE-25E після модернізації розташування датчиків та напрямки руху

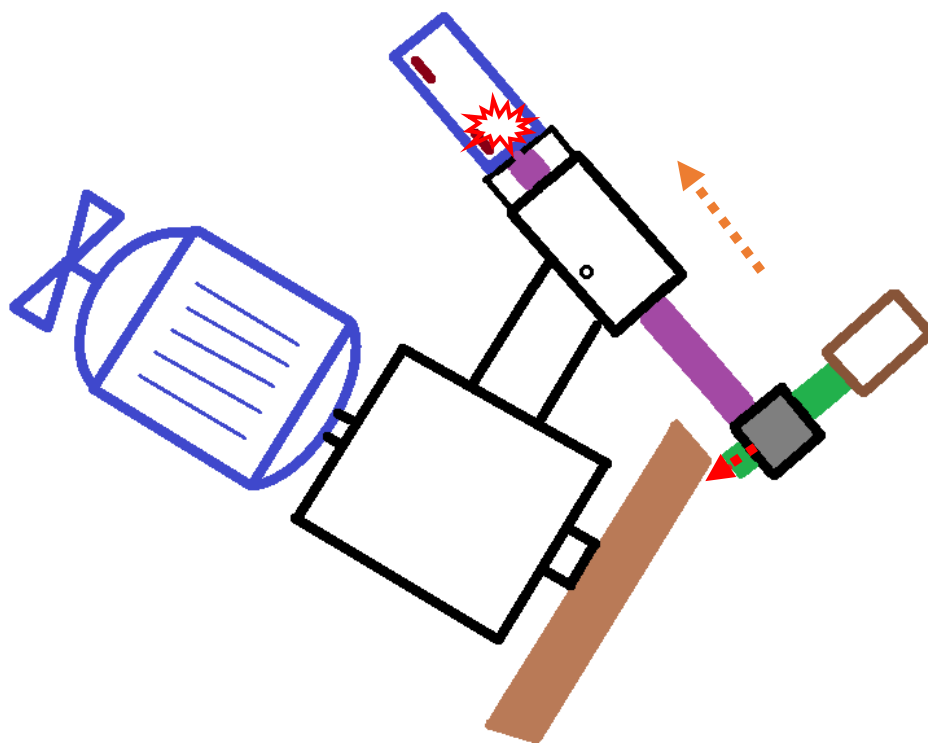


Рис. 2.5. Прижимний механізм RFE-25E після модернізації розташування датчиків та напрямки руху

В цей момент спрацьовує серводвигун переміщуючи алмазотримач з алмазом в низ на визначену глибину правки, після цього вмикається подача повітря в ліву частину пневмоциліндра (2) переміщуючи (повільно, здійснюється правка абразиву) піноль механізму правки (1) до моменту спрацювання давача вихідного положення (3).

Кількість автоматичних ходів правки має відповідати заданій в меню панелі.

На величину знятого припуску має бути компенсовано величину опускання ведучого круга верстату по осі « \llcorner ».

Після зупинки циклічних ходів правки верстат автоматично запускається в роботу і продовжується шліфувальна обробка в автоматичному режимі.

2.3.2 Напівавтоматичний режим роботи/ «Правка руч.»

В панелі оператора оператор обирає підменю «Правка ручн.» де задає параметри роботи вузла правки:

- Глибину правки ведучого круга (компенсація в діапазоні 0...0,15мм, де «0» - компенсація не здійснюється);
- Кількість ходів правки (в діапазоні 1...50ходів).

Напівавтоматичний режим правки можна задіяти лише при вимкненому автоматичному циклі шліфувальної обробки. Увімкнення має здійснюватись шляхом натискання кнопки «правка», яка розміщена десь в цьому ж підменю панелі оператора. Циклічність правки здійснюється за описом як і при автоматичній правці за виключенням того, що по завершенню процесу правки верстат не розпочинає автоматично роботу.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3 Правка налагоджувальний режим / «Правка налад.»»

В панелі оператора оператор обирає підменю «Правка Наладка.» де знаходяться екранні кнопки управління механізмом правки:

1 – «циліндр вперед»;

2 – «циліндр назад»;

3 – «алмаз вниз повільно»;

4 – «алмаз вверх повільно»;

5 – «алмаз вниз швидко»;

6 – алмаз вверх швидко»;

7 – «алмаз вверх в «0» положення» – широка помітна кнопка, для швидкого переміщення вверх алмазу при заміні ведучого круга.

На панелі оператора має здійснюватись цифрове відображення поточного положення розміщення алмазу. Хід мех.правки 45мм макс.!

В меню має відображатися схематичне зображення вузла правки для відображення анімованих рухів вузла.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

Для нашої модернізації необхідно два пневмоциліндри. Один для прижимання ріжучого елемента до шліфувального круга і один для поступальних рухів вздовж робочої поверхні шліфувального круга.

3.1 Розрахунок і підбір пневмоцилінра для поступальних рухів вздовж робочої поверхні шліфувального круга.

Для даної ділянки нам необхідний пневмоциліндр двосторонньої дії. Для прикладу візьмемо пневмоциліндр QCTF2A032C050 виробництва компанії CAMOZZI.

Основні характеристики:

- Діаметр пневмоциліндра 32 мм;
- Хід поршня 50 мм;
- Робочий тиск 1-10 бар.

Розрахуємо основні геометричні параметри пневмоциліндра [12-16]

Площа розтину пневмоциліндра:

$$S = \pi D^2 / 4,$$

де

S- площа розтину пневмоциліндра;

D- діаметр пневмоциліндра.

$$S = (3,14 \times 32^2) / 4 = 803,84 \text{ мм}^2$$

Товщина стінки циліндра:

$$b = pD / (2se),$$

де

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

p- тиск (візьмемо макмимально можливий 10 бар або 1 МПа);

D- діаметр;

s- допустима напруга матеріалу (використовується анодований алюміній), s= 100 МПа;

e- коефіцієнт запасу міцності (зазвичай 2-3 для стандартних обставин), e=2.

Підставимо ці значення:

$$b = 1 \times 32 / (2 \times 100 \times 2) = 0,08 \text{ мм}$$

Знаючи це можна розрахувати внутрішній діаметр циліндра:

$$d = 32 - (0,08 \times 2) = 31,84 \text{ мм.}$$

Розрахуємо сили що діють на поршень за формулою:

$$F = p \pi (D/2)^2,$$

де F- сила що діє на шток;

D- діаметр пневмоциліндра;

p- тиск у циліндрі.

Оскільки значення тиску може змінюватися візьмемо його крайні можливі значення, а саме:

$$P_{\min} = 1 \text{ бар або } 0,1 \text{ МПа};$$

$$P_{\max} = 10 \text{ бар або } 1 \text{ МПа.}$$

Підставимо ці значення у формулу:

$$F_{\min} = 0,1 \times 3,14 \times (32/2)^2 = 0,314 \times 256 = 80,384 \text{ Н};$$

$$F_{\max} = 1 \times 3,14 \times (32/2)^2 = 3,14 \times 256 = 803,84 \text{ Н.}$$

Розрахуємо діаметр штока (Dш):

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{ш} = F_{max} / p \pi e,$$

де F_{max} - сила що діє на шток;

P_{max} - тиск у циліндрі;

e - коефіцієнт запасу міцності, $e=2$.

$$D_{ш} = 803,84 / (1 \times 3,14 \times 2) = 0,000128 \text{ м або } 0,128 \text{ мм.}$$

Розрахуємо діаметр поршня ($D_{п}$):

$$D_{п} = \sqrt{(S_1 / 0,785(1 - K_{ш} + K_{ш}K_1))},$$

де

S_1 – площа поршня

$K_{ш}$ – коефіцієнт штока.

$$S_1 = 10^4 F_{max} / P_{max} q,$$

q – параметр завантаження циліндра $q = 0,4$ МПа;

$$S_1 = 10^4 \times 803,84 / (1000000 \times 400000) = 0,00002 \text{ м або } 0,002 \text{ см.}$$

$$K_{ш} = p_{max} q / s,$$

$$K_{ш} = 1 \times 0,4 / 100 = 0,004.$$

K_1 - коефіцієнт, що враховує вид робочої порожнини циліндра.

При прямому ході штока циліндра (коли стиснене повітря подається в поршневу порожнину) $K_1=1$, а при зворотному ході - $K_1=0$

Підставивши ці значення у формулу отримаємо:

$$D_{п} = \sqrt{(S_1 / 0,785)} = \sqrt{(0,002 / 0,785)} = 0,05047 \text{ см- при прямому ході;}$$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$D_{п} = \sqrt[3]{(S_1 / 0,785(1-K_{ш}))} = \sqrt[3]{(0,002 / 0,785 \times 0,996)} = 0,05037$ - при зворотньому ході.

Розрахуємо гнучкість стрижня пневмоциліндра:

$$\lambda = l/r_i,$$

де

λ - гнучкість стрижня пневмоциліндра;

l - довжина стрижня пневмоциліндра (Хід поршня) $l=50$ мм;

r_i - мінімальний радіус інерції розтину.

Мінімальний радіус інерції розтину розраховується за наступною формулою

$$r_i = \sqrt{I/S},$$

де

I - момент інерції розтину щодо нейтральної осі;

S - площа розтину пневмоциліндра.

Момент інерції розтину щодо нейтральної осі розраховується за формулою:

$$I = (\pi(D_{ш})^4)/64.$$

$$I = (3,14 \times (32)^4)/64 = (3,14 \times 1048576)/64 = 51445,76 \text{ мм}^4.$$

Підставимо дане значення у формулу мінімального радіусу інерції розтину:

$$r_i = \sqrt{(51445,76/803,84)} = 8 \text{ мм.}$$

Підставимо дане значення:

$$\lambda = 50/8 = 6,25.$$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо час робочого циклу:

$$T=t_1+t_2+t_3,$$

де

t_1 - час наростання тиску в циліндрі до початку руху поршня (час вистою), с;

t_2 - час руху поршня, с;

t_3 - час наростання тиску в циліндрі до магістрального після зупинки поршня (час наслідку) с.

Час вистою визначається за формулою:

$$t_1 = 3,2 \times 10^{-4} ((VT_1)/(\mu f)),$$

де

V - об'єм, що спорожнюється при «вистої» поршня порожнини циліндра;

T_1 - параметр часу вистою;

μ - витратний коефіцієнт трубопроводу.

Показники μ і T_1 можна подати у вигляді:

$$\mu = 0,64 - 0,314 \lg \varepsilon \quad \text{при } \varepsilon \leq 35$$

$$\mu = 0,323 - 0,097 \lg \varepsilon \quad \text{при } \varepsilon > 35$$

$$T_1 = 0,175q - 0,0075 \quad \text{при } q \leq 0,5$$

$$T_1 = 0,3q - 0,7 \quad \text{при } q > 0,5 .$$

Де :

ε – шорсткість внутрішньої стінки трубопроводу $\varepsilon=0,2$ мм

q – папаметр завантаження циліндра $q = 0,4$ МПа

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

f – площа трубопроводу, що підводить, даний показник можна вивести з формули:

$$d = \sqrt{f/0,785}$$

Звідси слідує, що:

$$f = 0,785d^2$$

$$f = 0,785 \times (31,84)^2 = 795,82 \text{ мм}^2.$$

Об'єм, що спорожнюється при «вистої» поршня порожнини циліндра визначається за формулою:

$$V = Sl(1 - K_u K_1) + 100fL,$$

де

L – довжина трубопроводу, у нашому випадку цей показник становить 4м;

$$K_1 = 1;$$

l – довжина стрижня пневмоциліндра (Хід поршня) $l = 50$ мм.

Підставимо ці значення у формулу об'єму, що спорожнюється при «вистої» поршня порожнини циліндра:

$$V = 803,84 \times 50 \times (1 - (0,004 \times 1)) + 100 \times 795,82 \times 4000 = 318368031,232 \text{ мм}^3 \text{ або } 0,318368031232 \text{ м}^3.$$

Підставимо ці значення у формулу часу вистою:

$$t_1 = 3,2 \times 10^{-4} \times ((318368031,232 \times [0,175 \times 0,4 - 0,0075]) / ([0,64 - 0,314 \lg 0,2] \times 795,82)) = 3,2 \times 10^{-4} \times (19898001,952 / 683,988) = 9,309 \text{ с.}$$

Час руху поршня t_2 визначають залежно від конструктивного параметра N , якщо $N < 1$ тоді значення t_2 розраховується за формулою:

$$t_2 = 1,52 \times 10^{-5} \times (Sl(\gamma + 3,05)) / \mu f \gamma (1 - 0,9q).$$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А якщо $N \geq 1$ тоді:

$$t_2 = \{Sl(\gamma+3,05)(1,6 \gamma + \sqrt{\gamma} - 0,85)N+5\} / \mu f \gamma(1-0,9q)(1+\sqrt{\gamma}).$$

Де γ - співвідношення площ перетину вихідної магістралі і напірної.

Знайдемо значення N :

$$N=2440 \mu(f/S) \sqrt{(m/10Slp_{max})},$$

де

m - маса рухливих частин, що становить 0,8 кг.

$$N = 2440[0,64 - 0,314 \lg 0,2](795,82/803,84) \sqrt{(0,8/10 \times 803,84 \times 50 \times 1)} \\ = 2097,122 \times 0,99 \times 0,0014 = 2,9.$$

Оскільки $N \geq 1$ час руху поршня визначатиметься за формулою:

$$t_2 = \{Sl(\gamma+3,05)(1,6 \gamma + \sqrt{\gamma} - 0,85)N+5\} / \mu f \gamma(1-0,9q)(1+\sqrt{\gamma}).$$

Обрахуємо значення γ :

$$\gamma = f/S.$$

$$\gamma = f/S = 795,82/803,84 = 0,99.$$

Значення γ є справедливим при $\gamma = 0,25 \dots 10$, отже значення $\gamma = 0,99$ задовольняє наш обрахунок.

Підставимо це значення у формулу визначення часу руху поршня:

$$t_2 = 803,84 \times 50(0,99+3,05)(1,6 \times 0,99 + \sqrt{0,99} - 0,85) \times 2,9 + 5 / ([0,64 - 0,314 \lg 0,2] \times 795,82 \times 0,99 (1-0,9 \times 0,4)(1+\sqrt{0,99}) + 5) / (0,85 \times 795,82 \times 0,64 \times 1,99) = 940,12.$$

Час наслідку t_3 складається із двох складових і визначається як найбільше значення з них двох:

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{3н}$ – час наростання тиску до магістрального в порожнині, що наповнюється;

$t_{3п}$ – час падіння тиску до атмосферного в порожнині, що спорожнюється.

Значення $t_{3н}$ можна обрахувати за формулою:

$$t_{3н} = 6,6 \times 10^{-5} (V_n T_{3н} / \mu f).$$

Значення $t_{3п}$ в свою чергу обраховується за формулою:

$$t_{3п} = 3.2 \times 10^{-4} (V_p T_{3п} / \mu f),$$

де

V_n – об'єм порожнини, що наповнюється;

V_p – об'єм порожнини, що спорожнюється;

$T_{3н}$ – параметр часу вистою;

$T_{3п}$ – параметр часу за який падає тиск.

Об'єм порожнини що наповнюється V_n визначається за формулою:

$$V_n = Sl(1 + K_{и} \times K_{I} - K_{и}) + 100fL.$$

Обрахуємо його:

$$V_n = 803,84 \times 50 (1 + 0,004 \times 1 - 0,004) + 100 \times 795,82 \times 4 = 358520 \text{ см}^3.$$

Об'єм порожнини що спорожнюється V_p визначається за формулою:

$$V_p = 100fL.$$

$$V_p = 100fL = 318328 \text{ см}^3.$$

Показники часу розглядаються для двох випадків значення q .

При $q \leq 0,5$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{3n} = 0,251 - 0,0625q$$

$$T_{3p} = 0,15q + 0,005.$$

При $q > 0.5$

$$T_{3n} = 0,345 - 0,25q$$

$$T_{3p} = 0,35q + 0,095.$$

Оскільки $q = 0,4 \leq 0,5$ обираємо відповідні значення:

$$T_{3n} = 0,251 - 0,0625 \times 0,4 = 0,226 \text{ с}$$

$$T_{3p} = 0,15 \times 0,4 + 0,005 = 0,065 \text{ с} .$$

Підставимо ці значення у формули обрахунку часу наростання та падіння тиску:

$$t_{3н} = (6,6 \times 10^{-5} \times 358520 \times 0,226) / (0,85 \times 795,82) = 0,0079 \text{ с}$$

$$t_{3п} = (3,2 \times 10^{-4} \times 318328 \times 0,065) / (0,85 \times 795,82) = 0,0097 \text{ с}.$$

Оскільки $0,0079 < 0,0097$ приймаємо що $t_3 = t_{3п} = 0,0097 \text{ с}$.

Підставимо всі обрахунки у відповідну формулу:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = 9,309 + 940,12 + 0,0097 = 949,4387 \text{ с}.$$

3.2 Розрахунок і підбір пневмоцилінра для прижимання ріжучого елемента до шліфувального круга

Для даної ділянки нам необхідний пневмоциліндр двосторонньої дії. Для прикладу візьмемо пневмоциліндр 61M6P032A0020 виробництва компанії CAMOZZI

Основні характеристики:

- Діаметр пневмоциліндра 32 мм;
- Хід поршня 20 мм;

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Робочий тиск 1-10 бар.

Розрахуємо основні геометричні параметри пневмоциліндра [12-16].

Площа розтину пневмоциліндра:

$$S = \pi D^2 / 4,$$

де

S- площа розтину пневмоциліндра;

D- діаметр пневмоциліндра.

$$S = (3,14 \times 32^2) / 4 = 803,84 \text{ мм}^2.$$

Товщина стінки циліндра:

$$b = pD / (2se),$$

де

p- тиск (візьмемо макимально можливий 10 бар або 1 МПа);

D- діаметр;

s- допустима напруга матеріалу (використовується анодований алюміній), s= 100 МПа;

e- коефіцієнт запасу міцності (зазвичай 2-3 для стандартних обставин), e=2.

Підставимо ці значення у відповідну формулу:

$$b = 1 \times 32 / (2 \times 100 \times 2) = 0,08 \text{ мм.}$$

Знаючи це можна розрахувати внутрішній діаметр циліндра:

$$d = 32 - (0,08 \times 2) = 31,84 \text{ мм.}$$

Розрахуємо сили що діють на поршень за формулою:

$$F = p \pi (D/2)^2,$$

де F- сила що діє на шток;

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

D- діаметр пневмоциліндра;

p- тиск у циліндрі.

Оскільки значення тиску може змінюватися візьмемо його крайні можливі значення, а саме;

$P_{\min} = 1$ бар або 0,1 МПа;

$P_{\max} = 10$ бар або 1 МПа.

Підставимо ці значення у відповідну формулу:

$F_{\min} = 0,1 \times 3,14 \times (32/2)^2 = 0,314 \times 256 = 80,384$ Н;

$F_{\max} = 1 \times 3,14 \times (32/2)^2 = 3,14 \times 256 = 803,84$ Н.

Розрахуємо діаметр штока (Dш):

$$D_{ш} = F_{\max} / p \pi e.$$

Де F_{\max} - сила що діє на шток;

P_{\max} - тиск у циліндрі;

e- коефіцієнт запасу міцності, e=2.

$D_{ш} = 803,84 / (1 \times 3,14 \times 2) = 0,000128$ м або 0,128 мм.

Розрахуємо діаметр поршня (Dп):

$$D_{п} = \sqrt{(S_1 / 0.785(1 - K_{ш} + K_{ш}K_1))},$$

де

S_1 – площа поршня;

$K_{ш}$ – коефіцієнт штока.

Тоді,

$$S_1 = 10^4 F_{\max} / P_{\max} q$$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q – параметр завантаження циліндра $q = 0,4$ МПа.

$$S_1 = 10^4 \times 803,84 / (1000000 \times 400000) = 0,00002 \text{ м або } 0,002 \text{ см.}$$

Визначимо

$$K_{ш} = p_{max} q / s$$

$$K_{ш} = 1 \times 0,4 / 100 = 0,004.$$

K_1 - коефіцієнт, що враховує вид робочої порожнини циліндра.

При прямому ході штока циліндра (коли стиснене повітря подається в поршневу порожнину) $K_1 = 1$, а при зворотному ході - $K_1 = 0$.

Підставивши ці значення у відповідну формулу отримаємо:

$$D_{п} = \sqrt{(S_1 / 0,785)} = \sqrt{(0,002 / 0,785)} = 0,05047 \text{ см- при прямому ході;}$$

$D_{п} = \sqrt{(S_1 / 0,785(1 - K_{ш}))} = \sqrt{(0,002 / 0,785 \times 0,996)} = 0,05037$ - при зворотному.

Розрахуємо гнучкість стрижня пневмоциліндра:

$$\lambda = l / r_i,$$

де

λ - гнучкість стрижня пневмоциліндра;

l – довжина стрижня пневмоциліндра (Хід поршня) $l = 20$ мм;

r_i – мінімальний радіус інерції розтину.

Мінімальний радіус інерції розтину розраховується за наступною формулою:

$$r_i = \sqrt{(I/S)},$$

де

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I – момент інерції розтину щодо нейтральної осі;

S – площа розтину пневмоциліндра.

Момент інерції розтину щодо нейтральної осі розраховується за формулою:

$$I = (\pi(D_{in})^4)/64.$$

$$I = (3,14 \times (32)^4)/64 = (3,14 \times 1048576)/64 = 51445,76 \text{ мм}^4.$$

Підставимо дане значення у формулу мінімального радіусу інерції розтину:

$$r_i = \sqrt{(51445,76/803,84)} = 8 \text{ мм.}$$

Підставимо дане значення у відповідну формулу:

$$\lambda = 50/8 = 6,25.$$

Розрахуємо час робочого циклу:

$$T = t_1 + t_2 + t_3,$$

де

t_1 – час наростання тиску в циліндрі до початку руху поршня (час вистою), с;

t_2 – час руху поршня, с;

t_3 – час наростання тиску в циліндрі до магістрального після зупинки поршня (час наслідку) с.

Час вистою визначається за формулою:

$$t_1 = 3,2 \times 10^{-4} ((VT_1)/(\mu f)),$$

де

V – об'єм, що спорожняється при «вистої» поршня порожнини циліндра;

T_1 – параметр часу вистою;

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

μ – витратний коефіцієнт трубопроводу.

Показники μ і T_1 можна подати у вигляді:

$$\mu = 0,64 - 0,314 \lg \varepsilon \quad \text{при } \varepsilon \leq 35$$

$$\mu = 0,323 - 0,097 \lg \varepsilon \quad \text{при } \varepsilon > 35$$

$$T_1 = 0,175q - 0,0075 \quad \text{при } q \leq 0,5$$

$$T_1 = 0,3q - 0,7 \quad \text{при } q > 0,5.$$

Де

ε - Шорсткість внутрішньої стінки трубопроводу $\varepsilon = 0,2$ мм;

q – параметр завантаження циліндра $q = 0,4$ МПа;

f - площа трубопроводу, що підводить, даний показник можна вивести з формули:

$$d = \sqrt{f/0,785}.$$

Звідси слідує, що:

$$f = 0,785d^2.$$

$$f = 0,785 \times (31,84)^2 = 795,82 \text{ мм}^2.$$

Об'єм, що спорожнюється при «вистої» поршня порожнини циліндра визначається за формулою:

$$V = Sl(1 - K_u K_1) + 100fL,$$

де

L – довжина трубопроводу (у нашому випадку цей показник становить 4м);

$$K_1 = 1;$$

l - довжина стрижня пневмоциліндра (Хід поршня) $l = 20$ мм.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо ці значення у формулу об'єму, що спорожнюється при «вистої» поршня порожнини циліндра:

$$V = 803,84 \times 20 \times (1 - (0,004 \times 1)) + 100 \times 795,82 \times 4000 = 318343998,48 \text{ мм}^3 \text{ або } 0,31834399848 \text{ м}^3.$$

Підставимо ці значення у формулу часу вистою;

$$t_1 = 3,2 \times 10^{-4} \times ((318343998,48 \times [0,175 \times 0,4 - 0,0075]) / ([0,64 - 0,314 \lg 0,2] \times 795,82)) = 3,2 \times 10^{-4} \times (19898001,952 / 683,988) = 9,327 \text{ с.}$$

Час руху поршня t_2 визначають залежно від конструктивного параметра N , якщо $N < 1$ тоді значення t_2 розраховується за формулою:

$$t_2 = 1,52 \times 10^{-5} \times (Sl(\gamma + 3,05)) / \mu f \gamma (1 - 0,9q),$$

а якщо $N \geq 1$ тоді:

$$t_2 = \{Sl(\gamma + 3,05)(1,6 \gamma + \sqrt{\gamma} - 0,85)N + 5\} / \mu f \gamma (1 - 0,9q)(1 + \sqrt{\gamma}).$$

Де γ - співвідношення площ перетину вихідної магістралі і напірної.

Знайдемо значення N :

$$N = 2440 \mu (f/S) \sqrt{(m/10Slp_{max})}.$$

Де

m - маса рухливих частин що становить 0,3кг.

$$N = 2440 [0,64 - 0,314 \lg 0,2] (795,82 / 803,84) \sqrt{(0,3 / 10 \times 803,84 \times 20 \times 1)} = 2097,122 \times 0,99 \times 0,0014 = 2,83.$$

Оскільки $N \geq 1$ час руху поршня визначатиметься за формулою:

$$t_2 = \{Sl(\gamma + 3,05)(1,6 \gamma + \sqrt{\gamma} - 0,85)N + 5\} / \mu f \gamma (1 - 0,9q)(1 + \sqrt{\gamma}).$$

Обрахуємо значення γ :

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma = f/S.$$

$$\gamma = f/S = 795,82/803,84 = 0,99.$$

Значення γ є справедливим при $\gamma = 0,25 \dots 10$, отже значення $\gamma = 0,99$ задовольняє наш обрахунок.

Підставимо це значення у формулу часу руху поршня:

$$t_2 = 803,84 \times 20(0,99+3,05)(1,6 \times 0,99 + \sqrt{0,99 - 0,85}) \times 2,83 + 5/([0,64 - 0,314 \lg 0,2] \times 795,82 \times 0,99 (1-0,9 \times 0,4)(1+\sqrt{0,99}) = (64950,27 \times 1,72 \times 2,83 + 5)/(2235,16 \times 0,64 \times 1,99) = 111,06 \text{ с.}$$

Час наслідку t_3 складається із двох складових і визначається як найбільше значення з них двох:

$t_{3н}$ - час наростання тиску до магістрального в порожнині, що наповнюється;

$t_{3п}$ - час падіння тиску до атмосферного в порожнині що спорожнюється.

Значення $t_{3н}$ можна обрахувати за формулою:

$$t_{3н} = 6,6 \times 10^{-5} (V_n T_{3н} / \mu f).$$

Значення $t_{3п}$ в свою чергу обраховується за формулою:

$$t_{3п} = 3,2 \times 10^{-4} (V_p T_{3п} / \mu f),$$

де

V_n – об'єм порожнини, що наповнюється;

V_p – об'єм порожнини що спорожнюється;

$T_{3н}$ – параметр часу вистою;

$T_{3п}$ – параметр часу за який падає тиск.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм порожнини що наповнюється V_n визначається за формулою:

$$V_n = Sl(1 + K_{uu} \times K_l - K_{uu}) + 100fL.$$

Обрахуємо його:

$$V_n = 803,84 \times 20 (1 + 0,004 \times 1 - 0,004) + 100 \times 795,82 \times 4 = 334404,8 \text{ см}^3.$$

Об'єм порожнини що спорожнюється V_p визначається за формулою:

$$V_p = 100fL.$$

$$V_p = 100fL = 318328 \text{ см}^3.$$

Показники часу розглядаються для двох випадків величини q :

При $q \leq 0,5$

$$T_{3n} = 0,251 - 0,0625q;$$

$$T_{3p} = 0,15q + 0,005 .$$

При $q > 0,5$

$$T_{3n} = 0,345 - 0,25q;$$

$$T_{3p} = 0,35q + 0,095.$$

Оскільки $q = 0,4 \leq 0,5$ обираємо відповідні значення:

$$T_{3n} = 0,251 - 0,0625 \times 0,4 = 0,226 \text{ с};$$

$$T_{3p} = 0,15 \times 0,4 + 0,005 = 0,065 \text{ с}.$$

Підставимо ці значення у формули обрахунку часу наростання та падіння тиску:

$$t_{3n} = (6,6 \times 10^{-5} \times 334404,8 \times 0,226) / (0,85 \times 795,82) = 0,0073 \text{ с};$$

$$t_{3п} = (3,2 \times 10^{-4} \times 318328 \times 0,065) / (0,85 \times 795,82) = 0,0097 \text{ с}.$$

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки $0,0079 < 0,0097$ приймаємо що $t_3 = t_{3п} = 0,0097$ с.

Підставимо всі обрахунки у відповідну формулу:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = 9,327 + 111,06 + 0,0097 = 120,3967 \text{ с}$$

					<i>КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі проведено модернізацію механізму правки круглошліфувальних верстатів MTF-130 і RFE-25E

Розробка проекту включала аналіз технологічних процесів та специфіки роботи круглошліфувальних верстатів що використовується у виробництві, з урахуванням сучасних вимог до цього обладнання.

Проаналізувавши літературні джерела було визначено декілька методів модернізації, які включають в себе як вдосконалення окремих складових верстату, заміну систем управління на сучасніші аналоги так і встановлення на верстат додаткових систем ЧПУ або гідросистем для автоматизації як окремих процесів так роботи в цілому.

У нашому випадку було обрано метод автоматизації окремого процесу, а саме процесу правки шліфувального кола, за рахунок встановлення на ньому двох пневмоприводів.

Згідно з розрахунків значно скоротився процес правки шліфувального колеса, також за рахунок зменшення людського впливу зросла точність правки та безпека працівників.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л.Заблоцька Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.

2. <https://naurok.com.ua/oporniy-konspekt-shlifivalni-verstati-71774.html>

3. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/shlifivalni_verstati_i_abrazivniy_instrument.pdf

4. Міренський І.Г. Навчальний посібник. Основи технології машинобудування Харків: ХНАМГ, 2007.

5. Баласанян Р.А. Атлас деталей машин: Навчальний посібник. – Харків: Основа, 1996.

6. Деталі машин [Текст]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / М.П. Ярошевич, М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020.

7. <https://abplanalp.ua/universalnyj-shlifivalnyj-verstat-z-chpu-studer-favorit-core>

8. Кузнєцов Ю.М. Станки ЧПУ: Навчальний посібник. К.: Вища школа: 1992.-278 с.

9. Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. - К. - Тернопіль: ТОВ «ЗМОК», 1999. - 344с

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

10. Проектування обладнання легкої промисловості: методичні вказівки до курсового проєкту для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування освітньої програми «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст (магістр) / Упор. Б.В. Орловський, О.П. Манойленко, – К.: КНУТД, 2018. – 24с.

11. Модернізація шліфувальної бабки круглошліфувального верстата в умовах ПП «МЕЛЬНИК В.В.», с. Голубіївка Вінницької області
<http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/11381.pdf>

12. Буслів В. К. Об'ємний пневмопривід: Конспект лекцій для студентів, що навчаються за фахом «гідралічні і пневматичні машини». 2009

13. Буренніков Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов; МОНМС України, ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с

14. Буренніков Ю. А. Гідравліка і гідропневмопривод: Навчальний посібник. Ч. І. Гідравліка і гідропривод [Текст] / Ю.А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов; МОН України. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 123 с.

15. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: курсове проектування для студентів напрямів підготовки – «Інженерна механіка», – «Машинобудування»: навчальний посібник Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. П. Пурдик, С. В. Репінський; ВНТУ. – Вінниця, 2014. – 238 с.

16. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: Підручник – К.: «Фірма «ІНКОС»; Центр навч. літ-ри, 2006. – 616 с.

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБ 002.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		