

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Конструювання приводу затиску токарно-револьверного
верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску**

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

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

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

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Крупа В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Процю Миколі Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК
з цанговим патроном подвійного затиску

Керівник роботи Буховець Валерій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» 01 2026 року № 4/9-45

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2026р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «Втулка»; конструкторська
документація по токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1В340Ф30; матеріали по
конструкціях приводів затиску токарних верстатів з ЧПК, матеріали по конструкціях
цангових патронів для токарних верстатів

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

1. Аналітичний розділ

2. Технологічний розділ

3. Конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, охорона праці

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

1. Загальний вигляд токарно-револьверного верстату з ЧПК (1 лист формату А1)

2. Кінематична схема токарно-револьверного верстату з ЧПК (1 лист формату А1)

3. Гідравлічна схема токарно-револьверного верстату з ЧПК (1 лист формату А1)

4. Механізм затиску із цанговим патроном подвійного затиску та подачі прутка
(1,5 листи формату А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності			
охорона праці	к.т.н., доцент Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 25.01.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Класифікація затискних патронів та приводів затиску токарних верстатів з ЧПК	Тиждень 1	
2.	Аналіз конструкції токарно-револьверного верстату з ЧПК та його приводу затиску і подачі прутка	Тиждень 1	
3.	Аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску та обертових гідроциліндрів гідравлічних приводів затиску	Тиждень 1	
4.	Розробка технологічного маршруту механічного оброблення деталі	Тиждень 2	
5.	Розроблення токарно-револьверної операції з ЧПК	Тиждень 2	
6.	Вибір структури приводу затиску та принципової і конструктивної схем затискного патрона подвійного затиску	Тиждень 3	
7.	Визначення сил затиску цанговим патроном з двоконусною цангою	Тиждень 3	
8.	Розрахунок радіальних відтискань при затиску у цанговому патроні подвійного затиску	Тиждень 4	
9.	Безпека життєдіяльності, охорона праці	Тиждень 5	
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	Тиждень 5	
11.	Захист кваліфікаційної роботи	Тиждень 6	

Студент

(підпис)

Проць М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Буховець В.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Проць М.В. Конструювання приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2026 р.

В кваліфікаційній роботі приведено аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску та конструкції обертових гідроциліндрів приводів затиску токарних верстатів з ЧПК. Розроблено технологію механічного оброблення деталі, що включає операційну технологію, різальний і вимірювальний інструмент та режими різання. Проведено конструювання приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску на основі вибраної його структури та конструктивної схеми цангового патрона. Визначено сили затиску цанговим патроном з двоконусною цангою та радіальні відтискання заготовки при дії радіальної сили різання. Визначено параметри обертового гідравлічного циліндра приводу затиску.

Ключові слова: токарна обробка, токарно-револьверний верстат з ЧПК, привід затиску, цанговий патрон подвійного затиску, технологія обробки, сила затиску, жорсткість.

Proz M.V. Design of the clamping drive of a CNC turret lathe with a double-collet chuck. 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2026.

The qualification work provides an analysis of the design of double collet chucks and the design of rotating hydraulic cylinders of clamping drives of CNC lathes. The technology of mechanical processing of the part has been developed, which includes the operating technology, cutting and measuring tools and cutting modes. The design of the

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Анотація	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Проць М.В.					Н	3	2
Перевірів	Буховець В.М.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							
						ТНТУ ім. І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		

clamping drive of a CNC turret lathe with a double collet chucks has been carried out based on its selected structure and the design scheme of the collet chuck. The clamping forces of a collet chuck with a double-cone collet and the radial extrusion of the workpiece under the action of a radial cutting force have been determined. The parameters of the rotating hydraulic cylinder of the clamping drive have been determined.

Keywords: turning, CNC turret lathe, clamping drive, double collet chuck, processing technology, clamping force, stiffness.

					<i>КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		4

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1.	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1.	Призначення та структурно-функціональна схема затискних механізмів токарних верстатів з ЧПК	8
1.2.	Класифікація затискних патронів та приводів затиску токарних верстатів з ЧПК	9
1.3.	Аналіз конструкції токарно-револьверного верстату з ЧПК та його приводу затиску і подачі прутка	10
1.4.	Аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску	16
1.5.	Конструкції обертових гідроциліндрів гідравлічних приводів затиску	22
1.6.	Вибір напрямку розробки та завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра	25
2.	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	28
2.1.	Характеристика об'єкту виробництва	28
2.2.	Розробка технологічного маршруту механічного оброблення деталі	29
2.3.	Вибір металообробного обладнання	30
2.4.	Розроблення токарно-револьверної операції з ЧПК	31
2.4.1.	Операційна технологія на токарно-револьверний верстат з ЧПК	31
2.4.2.	Вибір різального інструменту та вимірювального інструменту	33
2.4.3.	Розрахунок та вибір режимів різання	35
3.	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1.	Вибір структури приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК із затискним патроном подвійного затиску	39

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зміст					Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розробив	Проць М.В.									Н			5	2
Перевірів	Буховець В.М.													
Н. контр.	Кобельник В.Р.													
Затв.	Крупа В.В.												ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль	

3.2.	Вибір принципової та конструктивної схем цангового патрона подвійного затиску	40
3.3.	Вибір конструктивних параметрів цанги подвійного затиску	42
3.4.	Визначення сил затиску цанговим патроном з двоконусною цангою	44
3.5.	Розрахунок радіальних відтискань при затиску у цанговому патроні подвійного затиску	48
3.6.	Розрахунок параметрів обертового гідравлічного циліндра	54
3.7.	Гідравлічна схема приводу затиску з цанговим патроном подвійного затиску	56
4.	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	59
4.1.	Попередження травматизму під час роботи на токарно-револьверних верстатах з ЧПК	59
4.2.	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при роботі на токарно-револьверних верстатах з ЧПК	61
4.3.	Пожежна безпека при обслуговуванні та ремонті токарно-револьверних верстатів з ЧПК	63
	ВИСНОВКИ	66
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
	ДОДАТКИ	71

ВСТУП

В автоматизованих токарних верстатах механізми затиску значно впливають на точність і продуктивність обробки деталей. Їх характеристики значною мірою визначають режими та якість обробки, можливості скорочення припусків на наступні операції, а іноді зменшення кількості операції. Усе це скорочує основний час обробки, а тому проектування ефективних затискних механізмів має базуватися на досить глибокому аналізі та розрахунку параметрів процесу закріплення та взаємодії основних затискних елементів.

На точність токарної обробки має великий вплив жорсткість цангових затискних патронів. Збільшення їх жорсткості гарантує високу точність обробки та якість обробленої поверхні. Ефективними способами підвищення жорсткості є збільшення зон затиску та сумарної довжини контакту (бази закріплення).

Підвищення жорсткості затиску за рахунок збільшення бази затиску заготовки досягається застосуванням цангових затискних патронів, які дозволяють затискати заготовки у двох і більше місцях. Тому важливою конструкторською задачею є розроблення конструкції приводу затиску з цанговим патроном подвійного затиску для оснащення токарного-револьверного верстату з ЧПК.

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробленні конструкції приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску для забезпечення високої жорсткості затиску пруткових заготовок. Окрім того, робота передбачає розробку операційної технології обробки деталі «Втулка» з вибором різального, контрольно-вимірювального інструменту, а також режимів токарної обробки для токарно-револьверної операції.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Проць М.В.</i>					<i>Н</i>	<i>7</i>	<i>1</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Буховець В.М.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник В.Р.</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Крупа В.В.</i>							
						<i>ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль</i>		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення та структурно-функціональна схема затискних механізмів токарних верстатів з ЧПК

Затискні механізми токарних верстатів з ЧПК призначені для надійного закріплення заготовки, а також її позиціювання відносно осі обертання шпинделя. Вони є критично важливими вузлами, що забезпечують автоматизацію процесу затиску, продуктивність обробки та впливають на точність обробки [1-3].

Загальна структурно-функціональна схема затискного механізму токарних верстатів з ЧПК (рис. 1.1) згідно [1-3] включає наступні підсистеми:

- ПЕ – перетворювач енергії, який служить для перетворення підведеної енергії в рушійні сили (моменти);
- ВУ – вузол управління для керування роботою затискного механізму;
- Пр – привод затиску, який включає передавально-підсилювальні механізми, пружну і регулювальну ланки для передавання рушійної сили (моменту);
- П – затискний патрон, який є виконавчим механізмом, що перетворює рушійну силу (момент) в силу затиску деталі (деталей).

Підсистеми Пр-П (привод-патрон) і П-Д (патрон-деталь) є основними, кожна з яких може бути складною і мати багато ланок [1-3]. Передавально-підсилювальні ланки (ППЛ) затискного патрона призначені для підсилення сили приводу затиску, яку передають на затискні елементи (ЗЕ), що можуть бути розташовані в одному або декількох місцях [1-3].

Привод затиску змонтований на шпинделі токарного верстата з ЧПК і складає з ним єдину структуру, впливає на його функціональні властивості, конструкцію та взаємодію з іншими підсистемами токарного верстата з ЧПК [1-3].

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив	Проць М.В.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.					Н	8
Н. контр.	Кобельник В.Р.				ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Затв.	Крупа В.В.						

Аналітичний розділ

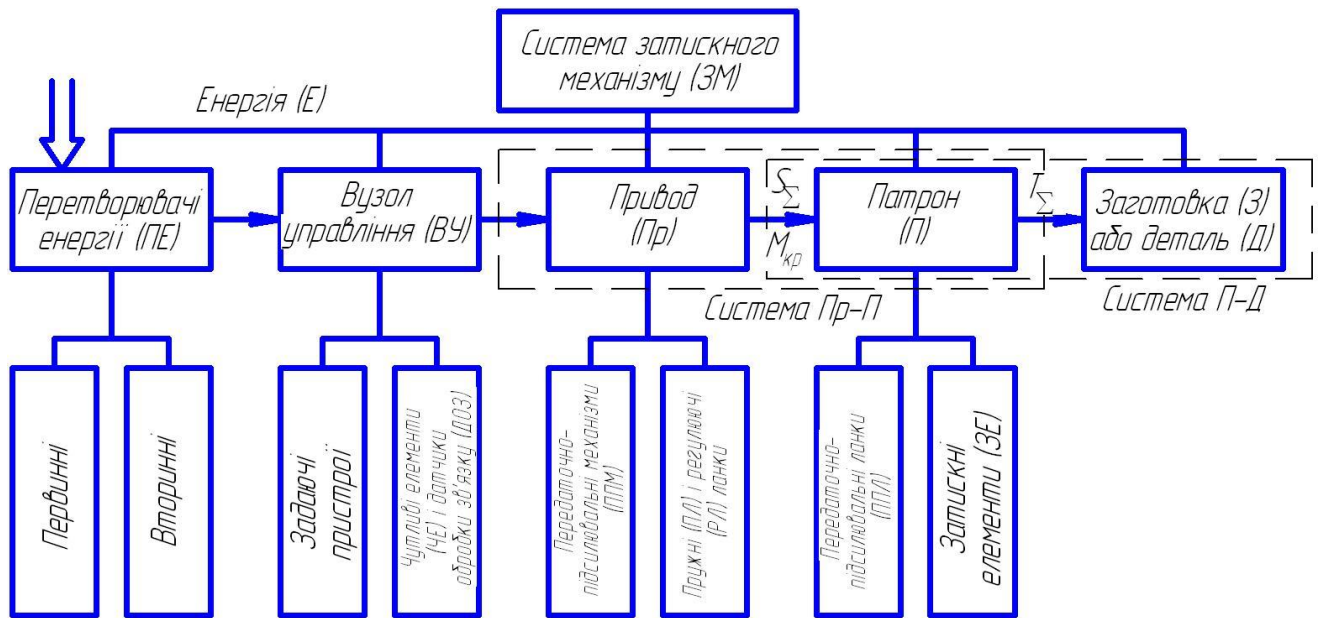


Рисунок 1.1 – Узагальнена структурно-функціональна схема затискного механізму токарних верстатів з ЧПК

1.2 Класифікація затискних патронів та приводів затиску токарних верстатів з ЧПК

В залежності від напрямку дії сили затиску затискні патрони (рис.1.2) для токарних верстатів з ЧПК поділяються на [4]:

- затискні патрони з радіальним затиском;
- затискні патрони з осьовим затиском;
- затискні патрони з комбінованим затиском.

Завдяки можливості реалізації як внутрішнього, так і зовнішнього затискання заготовки без значних структурних змін, найчастіше використовуються у токарних верстатах з ЧПК кулачкові патрони, а також цангові патрони для затиску прутків.

Приводи затиску токарних верстатів з ЧПК класифікують за наступними ознаками [1-3]: джерело енергії; призначення системи; конструктивне виконання; характер замикання силового пристрою (рис.1.3.)

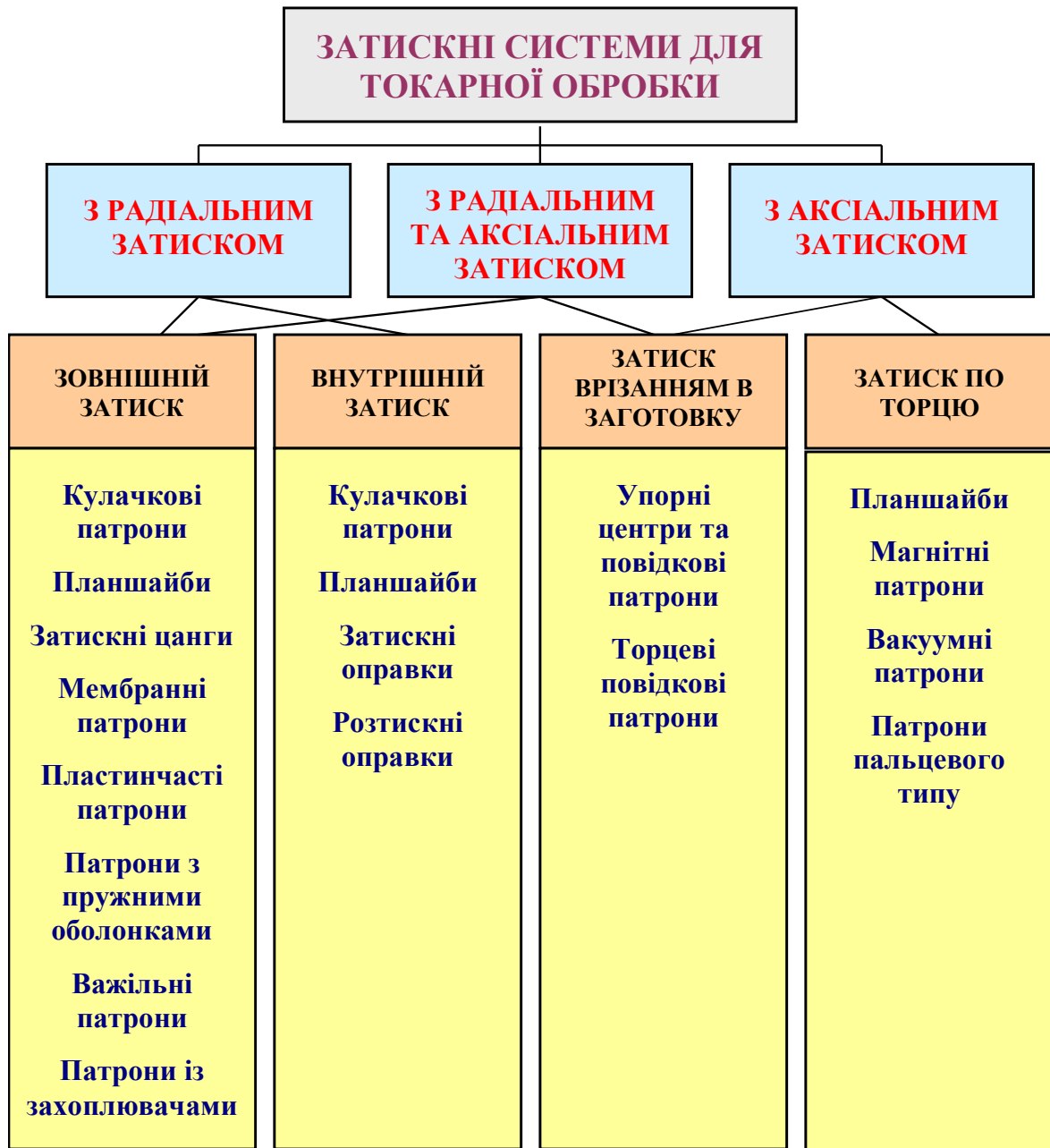


Рисунок 1.2 – Класифікація затискних патронів токарних верстатів з ЧПК

1.3 Аналіз конструкції токарно-револьверного верстату з ЧПК та його приводу затиску і подачі прутка

Верстат токарно-револьверний з ЧПК мод. 1В340Ф30 з вертикальною револьверною головкою на хрестовому супорті (рис. 1.4) призначений для токарної обробки деталей із прутка в автоматичному циклі та з штучних заготовок – у напівавтоматичному циклі в умовах серійного та дрібносерійного виробництва [5].

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

переміщення револьверного супорта. Ліва частина верхньої станини призначена для закріплення шпindelної бабки. В правій частині станини між напрямними розміщена передача гвинт-гайка кочення поздовжнього переміщення револьверного супорту.

Привід головного руху включає двигун постійного струму, полікліновий пас та шпindel [5].

Револьверний супорт складається з корпусу та поперечної каретки, на якій закріплена восьмипозиційна револьверна головка з отворами для закріплення оправок із інструментами, і забезпечує переміщення по двох взаємно перпендикулярних осях X і Z різального інструменту відносно оброблюваної деталі [5]. Револьверна головка встановлена на штоку гідроциліндра та може позиціюватися навколо вертикальної осі від черв'ячної передачі, яка приводиться в дію за допомогою гідродвигуна.

Кінематична схема токарно-револьверного верстату з ЧПК мод. 1В340Ф30 приведена на рис. 1.5.

Обертання шпинделя здійснюється від двигуна постійного струму потужністю 15 кВт через клинопасову передачу із діаметрами шківів $d=165$ мм та $d=210$ мм. Контроль положення шпинделя здійснюється оптичним датчиком ВЕ178, який приводиться в рух через зубчасту пасову передачу із числом зубів шківів $z=38$ та $z=38$.

Поздовжні та поперечні переміщення револьверного супорта здійснюються високомоментними електродвигунами постійного струму М2 та М3.

У поздовжньому напрямку револьверний супорт переміщається передачею гвинт-гайка кочення з кроком 10 мм 7, яка отримує обертання через зубчато-пасову передачу з числом зубів шківів $z=30$ та $z=30$ від двигуна М2 з регульованою частотою обертання. Контроль величини поздовжньої подачі револьверного супорта здійснюється опосередковано за допомогою датчика зворотного зв'язку ВЕ178, який приєднаний до гвинта за допомогою муфти.

Поперечне переміщення револьверного супорта здійснюється гвинтовою передачею кочення з кроком 5 мм, яка отримує обертання через зубчато-пасову

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

переміщення відрізного супорта, контроль тиску в лініях нагнітання та затиску, роботу пристрою для автоматичного розвантаження деталей [5].

Механізм затиску та подачі матеріалу.

Конструкція механізму, що включає рухоми та нерухомі цанги затиску, забезпечує високу стабільність положення (в межах 0,1 мм) торця затиснутого прутка [5].

Корпус цангового патрона 12 (рис.1.6) закріплений передньому фланці шпинделя. Затискна рухома цанга 15 зв'язана з корпусом поводковими штифтами 14. Затискна цанга нагвинчена на трубу затиску 9. У розточуванні нерухомої цанги 17 гвинтами 18 кріпляться змінні вкладиші 19, які утримуються від провороту штифтами 16. При переміщенні затискної цанги 15 вперед відбувається розтискання матеріалу, при переміщенні назад - затискання. Зусилля на затискну цангу передається трубою затиску 9, зв'язаною з допомогою гайок 3 і 4 з поршнем циліндра 6 затиску 7. Підведення масла до обох порожнин циліндра здійснюється за допомогою нерухомої маслопідвідної втулки 8, розташованої всередині шпиндельної бабки.

Циліндр подачі матеріалу 24 розміщений у кронштейні 25, закріпленому на задньому торці шпиндельної бабки. Масло, що надходить у ліву порожнину циліндра, переміщує праворуч поршень і, відповідно, повзун 26, що ковзає по напрямних штангах. У повзуні закріплений підшипник 28, на якому обертається втулка 2. До неї гвинтом 30 прикріплюється труба подачі 10 із загвинченою в неї змінною подавальною цангою 11. Підшипник закритий з двох сторін кришками 27. Під час руху повзуна праворуч подається пруток. Після надходження масла в праву порожнину циліндра подачі відбувається відведення цанги по прутку, затиснутому в затискній цангу, - відбувається набір прутка. Повзун 26 відходить ліворуч до упору 29, який регулює величину подачі прутка, переміщуючись по штанзі. Вкладиш 19, подавальні цанги 11 і кільця 31 є змінними деталями і встановлюються відповідно до діаметру і форми оброблюваного матеріалу. Комплект цих деталей для круглих та шестигранних прутків поставляється разом із верстатом.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

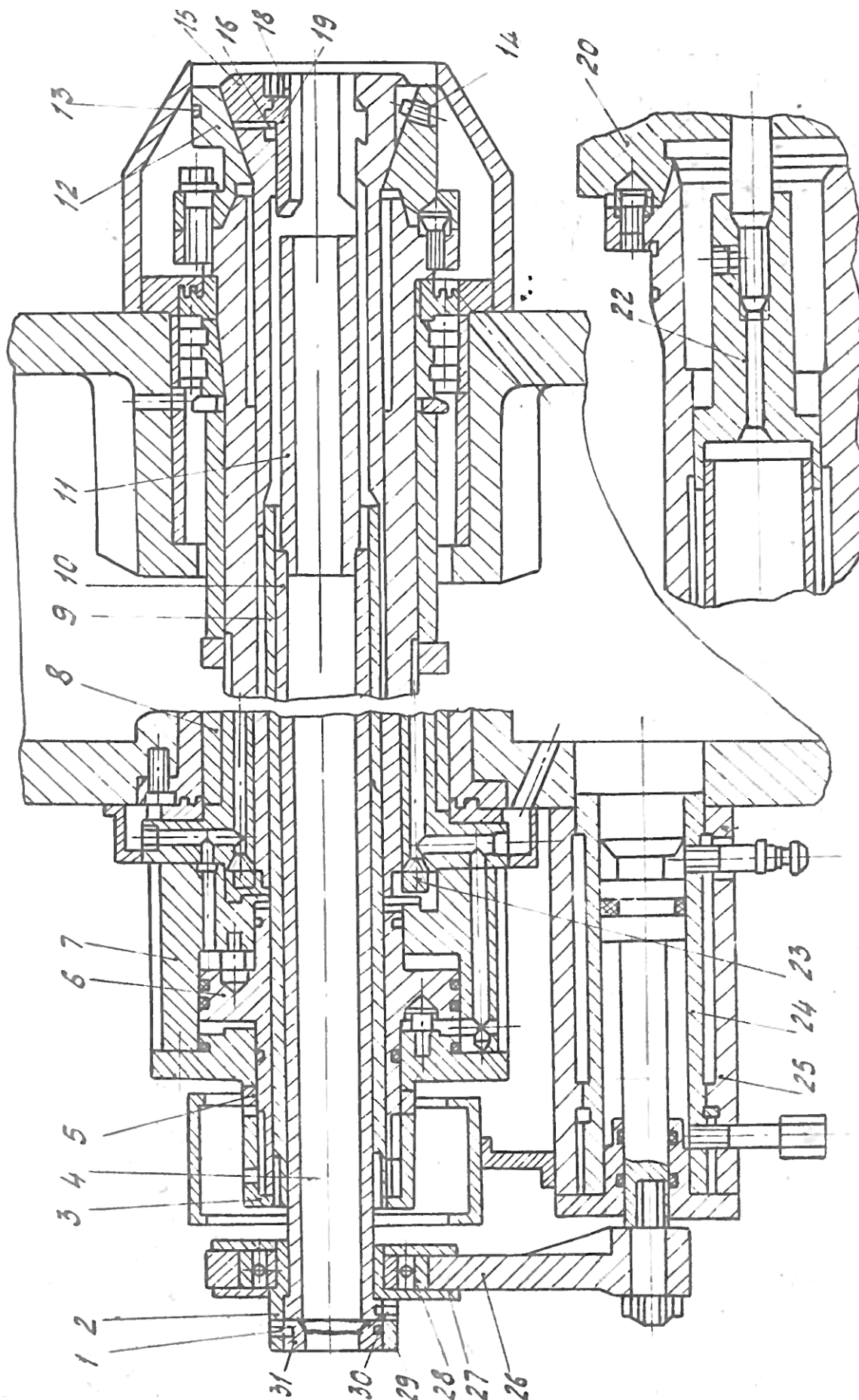


Рисунок 1.6 – Механізм затиску та подачі матеріалу токарно-револьверного верстату з ЧПК мод. 1В340Ф30

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

15

Для подачі круглих прутків діаметром 20...30 мм та шестигранних прутків з розміром «під ключ» 19...27 мм застосовується універсальна цанга подачі [5].

Для затискання деталей у кулачковому патроні корпус цангового патрона 12, цанги 15, 17 та втулка 21, а також труба подачі з цангою знімаються. На трубу затиску нагвинчується тяга до патрона 22 і на торець шпинделя закріплюється трикулачковий патрон 20.

1.4 Аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску

Завдяки затиску по двох поверхнях (на певній віддалі одна від одної) цангові патрони подвійного затиску забезпечують високу жорсткість закріплення заготовок [1, 2]. Це сприяє підвищенню продуктивності токарної обробки, а також дозволяє забезпечити більшу точність та якість обробленої поверхні.

Конструктивні схеми цангових патронів подвійного затиску приведені на рис. 1.7 – 1.9 [1, 3].

У цанговому патроні (рис.1.7,а) використовується двостороння цанга 2 з різноспрямованими конусами та пелюстками по обидва боки від напрямного пояса. Дві конусні втулки, одна з яких нерухома 3, а інша рухома 4, встановлені у шпинделі 1. При обертанні гайки 5 рухома конусна втулка 4 тисне на конусну поверхню двосторонньої цанги 2, а інша її конусна поверхня тисне на нерухому втулку 3, що приводить до стискання пелюсток цанги та радіального затиску прутка.

В патроні,веденому на рис.1.7,б, функцію додаткового затиску виконує задня частина цанги із упорною різьбою на пелюсткахз наполегливим різьбленням на пелюстках, утворених розрізами 5, що приєднана до труби затиску 2. Пелюстки і губки основної цанги, утворені розрізами 1, конусними поверхнями взаємодіють із конусом шпинделя 3.

Для затискання по двох діаметрах двоступінчастих деталей типу вал-шестерня можна використовувати дворядну цангу 5 (рис.1.7,в). Між губками цієї цанги пелюстки мають хвилясту форму, що забезпечує компенсацію різних

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

відхилень діаметрів заготовки в місцях затиску. Всередині шпинделя 1 розміщена втулка 4, яка визначає положення конусних втулок 2 і 3. При переміщенні дворядної цанги 5 кожна її губка взаємодіє зі своєю конусною втулкою 2 і 3, що приводить до радіального затиску по двох поверхнях різного діаметру.

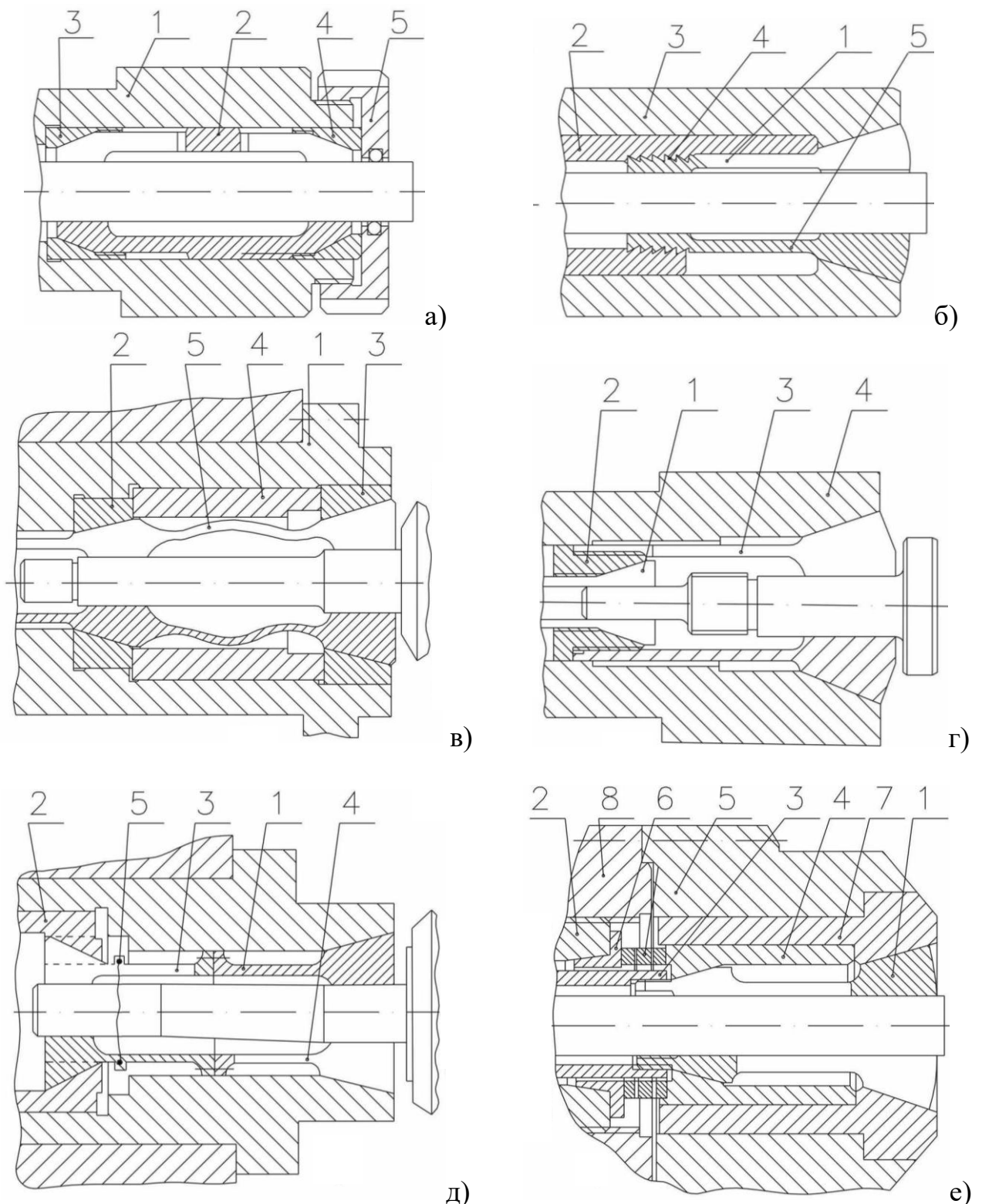


Рисунок 1.7 – Відомі конструктивні схеми цангових патронів подвійного затиску

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

У цанговому патроні (рис.1.7,г) затиск заготовки по двох поверхнях різних діаметрів забезпечується задньою цангою 1 пелюсткового типу. Вона передає рух через конусну втулку 2 основній цанзі 3, яка з'єднана з нею за допомогою різьби. Основна цанга 3 взаємодіє із внутрішньою конусною поверхнею шпинделя 4. При переміщенні задньої цанги 1 через конусну втулку 2 переміщається також основна цанга 3. За рахунок взаємодії задньої цанги 1 із конусною втулкою 2 та основної цанги 3 із конусною поверхнею шпинделя 4 відбувається радіальний затиск по двох поверхнях різного діаметру.

Цанговий патрон подвійного затиску для затиску деталі типу вал-шестерня по двох поверхнях (рис. 1.7,д) має дві розвернуті в різні сторони цанги 1 і 5, які з'єднані жорстко між собою. Цанги 1 і 5 мають розрізи 4 і 3. За допомогою байонетного замка (введення через пази з поворотом) друга цанга 5 з'єднується з трубою затиску 2, на якій виконана конусна поверхня. При переміщенні труби затиску 2 відбувається стискання пелюсток розвернутих в різні сторони цанг 1 і 5 за рахунок їх контакту із конусними поверхнями труби затиску та 2 та шпинделя. В результаті цього відбувається затиск у двох місцях.

Здвоєна цанга 1 цангового патрона подвійного затиску (рис.1.22,е) має конуси, розгорнуті в бік робочої зони. Вона зв'язана трубою 3 з приводом затиску. Додаткове зусилля для додаткового затиску задньою частиною здвоєної цанги 1 створюється різною пружиною 5, розміщеною між конусною 4 і упорною 6 втулками. Пружина 5 розташована в регульованій вздовж шпинделя 8 різьбовій втулці 2.

У цанговому патроні (рис.1.8,а) клинові кулачки 1, розміщені в прорізах цанги 2, виконують роль додаткового затиску. З одного боку вони взаємодіють з конусною втулкою 3, яка встановлена в розточці шпинделя 7. З іншого боку вони взаємодіють з пружною втулкою 4, яка має поперечні надрізи. Ця втулка утримується від провороту штифтом 6. Цанга 2 зв'язана з приводом затиску трубою 5.

Принцип затиску, аналогічний цанговому патрону рис.1.8,а, реалізований у цанговому патроні (рис.1.8,б), у якому роль додаткового затиску виконує друга

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

підпружинена пружиною 1 цанга 7. Змінні вкладиші 2 цанги 7 розміщені в прорізах основної цанги 3, що взаємодіє по конусу зі шпинделем 8. Основна цанга 3 передає рух цанзі 7 через пружну ланку 4 з регулювальною гайкою 5. Основна цанга 3 по конусу взаємодіє з нерухомою конусною втулкою 6.

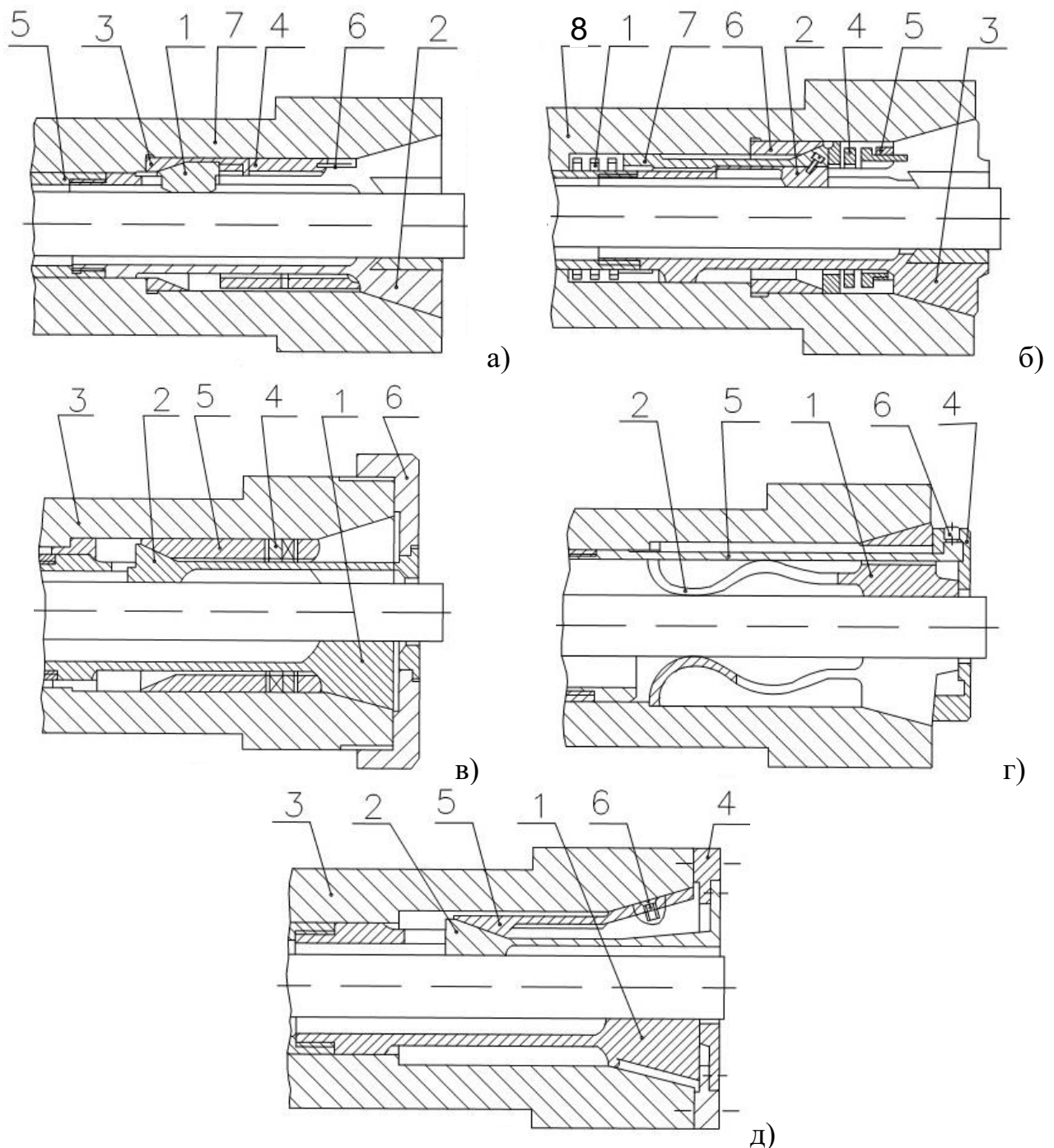


Рисунок 1.8 – Розроблені конструктивні схеми цангових патронів подвійного затиску тягнучого типу для затиску прутків [1, 3]

Для додаткового затиску у цанговому патроні (рис.1.8,в) використовується додаткова цанга 2 з оберненим конусом до основної цанги 1. Додаткова цанга 2

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

нерухома в осьовому напрямку завдяки упорній гайці 6, що нагвинчена на кінець шпинделя 3. Зусилля від основної цанги 1 через пружну ланку 4 і конусну втулку 5 передається додатковій цанзі 2.

Роль додаткового затиску у цанговому патроні (рис.1.8,г) виконує пружна частина 2 пелюсток основної цанги 1. Пелюстки різьбової 5 втулки проходять через прорізи основної цанги 1. Різьбова втулка 5 з'єднана через трубу затиску з приводом затиску. Зусилля від приводу основній цанзі 1 передається через пелюстки 5 і байонетну втулку 4 зі стопором 6.

У цанговому патроні (рис.1.8,д), який працює за аналогією з цанговим патроном на рис.1.8,в, замість пружної ланки і конусної втулки використані пелюстки 5. Вони мають внутрішню конічну поверхню і жорстко зв'язані з губками основної цанги 1. Цей зв'язок виконаний за допомогою пазів і гвинтів 6. Упорний фланець 4 жорстко зв'язаний з додатковою цангою 2 і прикріплений до торця шпинделя 3.

Цангові патрони подвійного затиску (рис.1.9,а-в) аналогічні за принципом дії до цангових патронів подвійного затиску (рис.1.8,в,д) і відрізняються виконанням пружної ланки. Ця пружна ланка передає зусилля від основної цанги 1 додатковій цанзі 2 через гофровані пружні елементи 3, що утримуються від випадання кільцями 4 для цангового патрона, зображеного на рис 1.9,а. У цанговому патроні, зображеному на рис.1.9,б зусилля передається через пружні вкладиші 3, що утримуються від випадання кільцями 4. У цанговому патроні, зображеному на рис.1.9,в цю роль виконують пружні приціпки 3 з розклинюючими штифтами 4.

У цанговому патроні подвійного затиску (рис.1.9,г) цанга 1 з двома рядами конусів зв'язана з приводом затиску. Передніми конусними поверхнями вона взаємодіє зі шпинделем 4, а задніми конусними поверхнями – з пружною конусною втулкою 3. Задня частина цанги 1 передає зусилля затиску на пруток через додаткову циліндричну цангу 2, жорстко зв'язану з фланцем 5, який приєднаний до торця шпинделя 4.

При потребі великої бази затиску для довгих деталей розроблений цанговий патрон подвійного затиску, зображений на рис.9,д.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

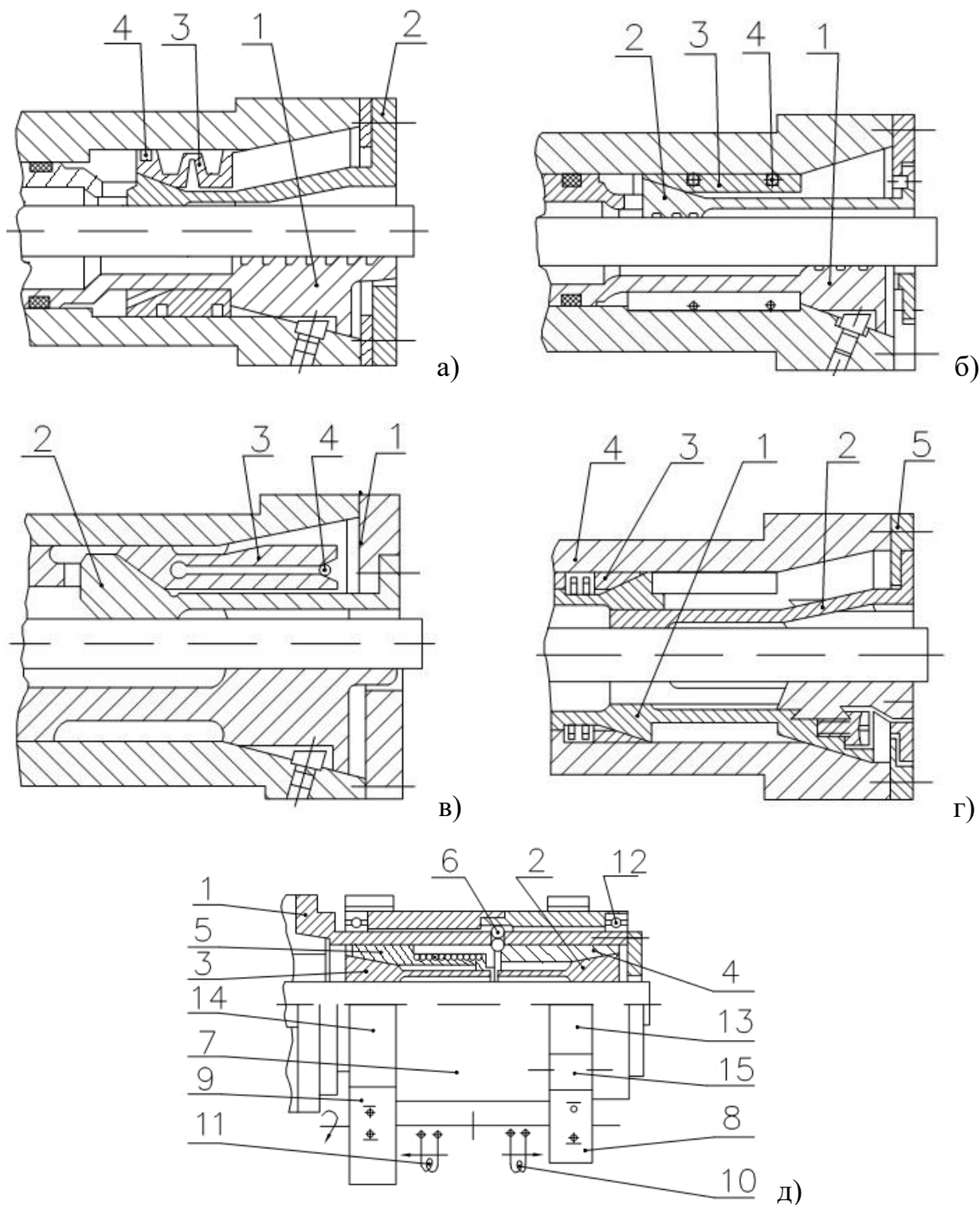


Рисунок 1.9 – Конструктивні схеми цангових патронів подвійного затиску [1, 3]

Він має дві різнонаправлені цанги 2 і 3, що взаємодіють відповідно з конусними втулками 4 і 5. Вони отримують переміщення в різні сторони від кульок б від приводу з геометричним замиканням, що розміщений на втулці 1, яка може обертатися на підшипниках 12. При включенні електромагнітної муфти 10

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

забезпечується затискання від зубчастого колеса 8, яке приводить в дію зубчасте колесо 13 через паразитну шестерню 15. Розтискання відбувається при включенні електромагнітної муфти 11 від зубчастого 9, яке передає рух на колесо 14.

1.5 Конструкції обертових гідроциліндрів гідравлічних приводів затиску

У більшості випадків силовим пристроєм гідравлічних приводів затиску, які працюють по принципу силового замикання, є обертовий гідравлічний циліндр, що розташовується на шпинделі токарного верстата з ЧПК. При його застосуванні необхідне підведення робочої рідини з гідросистеми через спеціальні маслопідвідні пристрої [2].

На рис.1.10 приведена конструкція обертового гідроциліндра з нерухою маслопідвідною втулкою гідравлічного приводу затиску токарного верстату з ЧПК [6].

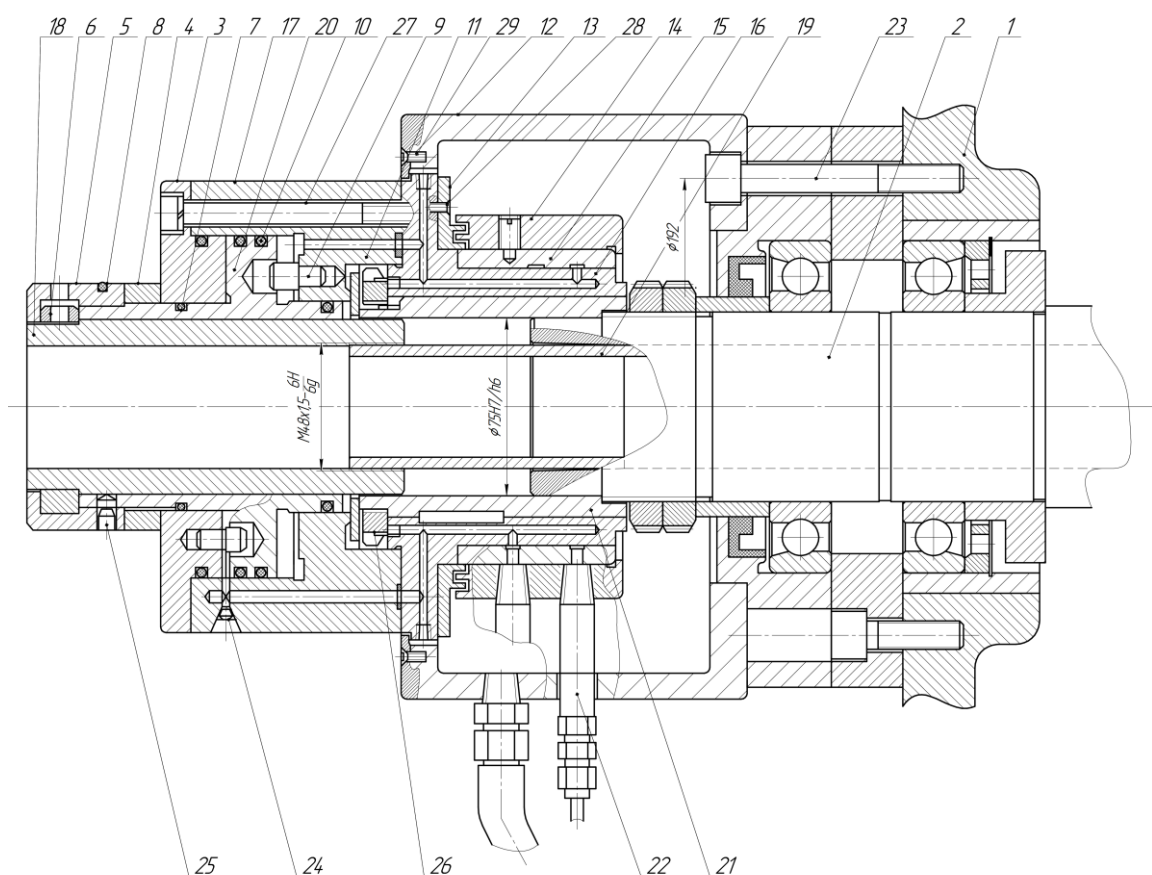


Рис. 1.10 – Обертовий гідравлічний циліндр з нерухою маслопідвідною втулкою токарного верстату з ЧПК

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

На шпинделі 2 кріпиться за допомогою гвинтів 27 корпус 17 обертового гідроциліндра. Поршень 20 гідроциліндра розташований в корпусі 17 та з'єднаний із трубою затиску 19 за допомогою втулки 18. Пальці 9, запресовані у корпусі 17, забезпечують обертання поршня 20 разом із корпусом 17 обертового гідроциліндра. Нерухома маслопідвідна втулка 15 служить для підводу масла до обох порожнин обертового гідроциліндра. Вона має маслопідвідні канали, розташовані всередині корпусу 12, приєднаного за допомогою гвинтів 23 до шпиндельної бабки 1. Через отвори, виконані у нерухомій втулці 16, з каналів маслопідвідної втулки масло подається в ліву або праву порожнину обертового гідроциліндра. Втулка 16 встановлена на шпинделі 2 та здійснює з ним обертаний рух.

Типова конструкція порожнистого обертового циліндра з маслопідвідним пристроєм [7] для оснащення токарних верстатів з ЧПК приведена на рис. 1.11.

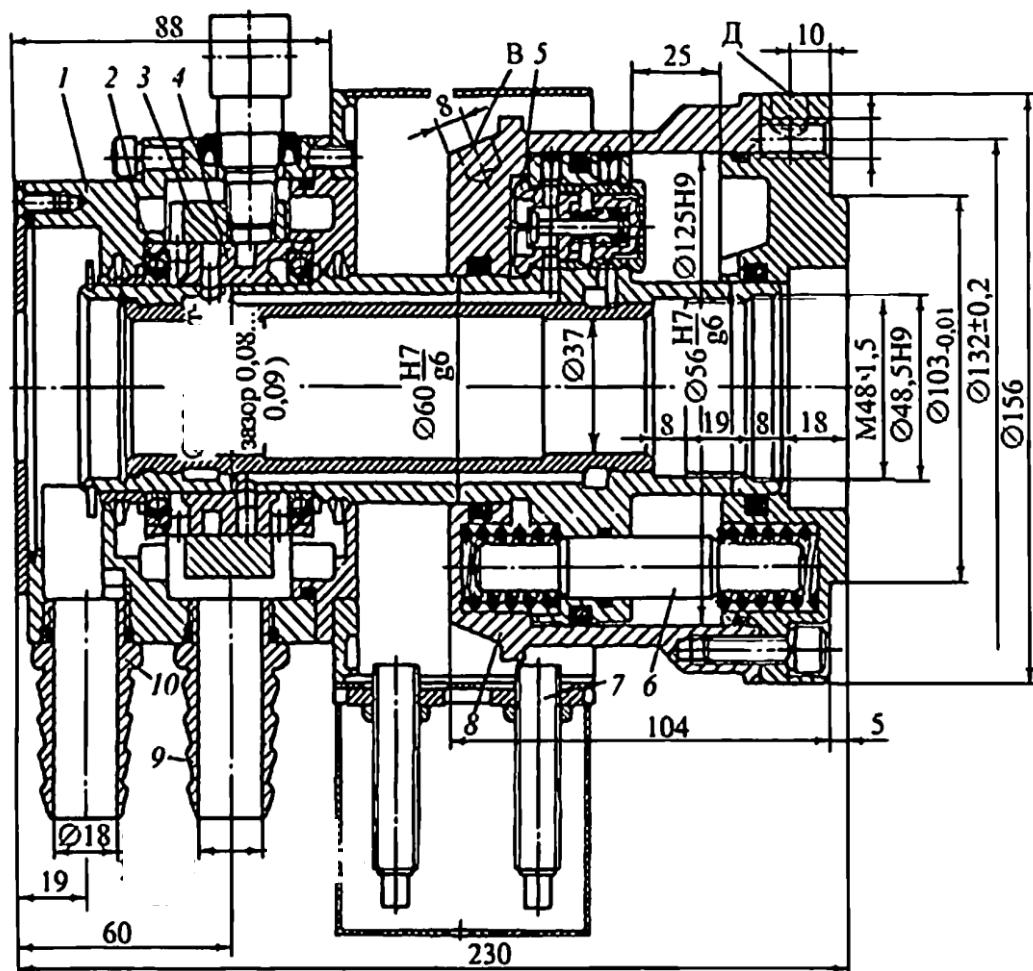


Рис. 1.11 – Типова конструкція порожнистого обертового гідроциліндра з маслопідвідним пристроєм

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

У поршні циліндра розташовані гідрозамки 5 і підпружинені плунжери 6, що виключають можливість повороту штока гідроциліндра відносно корпусу 8. Підпружинені плунжери 6 одночасно виконують роль пружинних гідроакумуляторів в аварійній ситуації. Маслопідвідний пристрій містить кільцевий колектор 3 і запресовану в нього втулку 4 з радіальними отворами. Маслопідвідний пристрій центрується відносно штока гідроциліндра за допомогою кулькових підшипників 2. Безконтактні кінцеві вимикачі 7 забезпечують контроль переміщення штока гідроциліндра. Витоки з маслопідвідного пристрою через штуцер 9 відводяться в бак. Штуцер 10 служить для зливу можливих витоків змащувально-охолоджувальної рідини через отвір у шпинделі.

Аналогічну конструкцію мають порожнисті обертові гідроциліндри мод. FORTO-НТ фірми RÖHM GmbH [8], мод. OPUS-Н фірми SCHUNK GmbH [9], мод. VNK-T2 фірми SCHUNK GmbH [10].

Обертвий гідроциліндр мод. FORTO-НТ фірми RÖHM GmbH (рис. 1.12) має алюмінієвий корпус поршня 3, що кріпиться до задньої частини шпинделя верстата шістьма гвинтами 2. Усередині корпусу встановлений поршень 5, який керує роботою затискним пристроєм, тобто забезпечує затиск і розтиск заготовки. Поршень 5 усередині порожнистий, тому довгі заготовки можуть проходити через обертовий гідроциліндр.

Щоб перемістити поршень для забезпечення розтиску у гідравлічну лінію 8 подається під тиском робоча рідина. В результаті цього робоча рідина через гідрозамок надходить у напірну камеру 6 і переміщує поршень. Щоб перемістити поршень для забезпечення затиску робоча рідина подається під тиском у гідравлічну лінію 9 та потрапляє через гідрозамок у праву порожнину гідроциліндра. Затискний пристрій та поршень обертвого гідроциліндра з'єднуються через трубу затиску, яка індивідуально адаптована до затискного пристрою. Для неї на поршні передбачено спеціальне з'єднання 4. Диск системи для контролю лінійних переміщень 1 жорстко з'єднаний з поршнем і пересувається разом з ним. Завдяки продуманій конструкції диск системи для

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

контролю лінійних переміщень знаходиться зовні і тим самим поза забрудненою зоною.

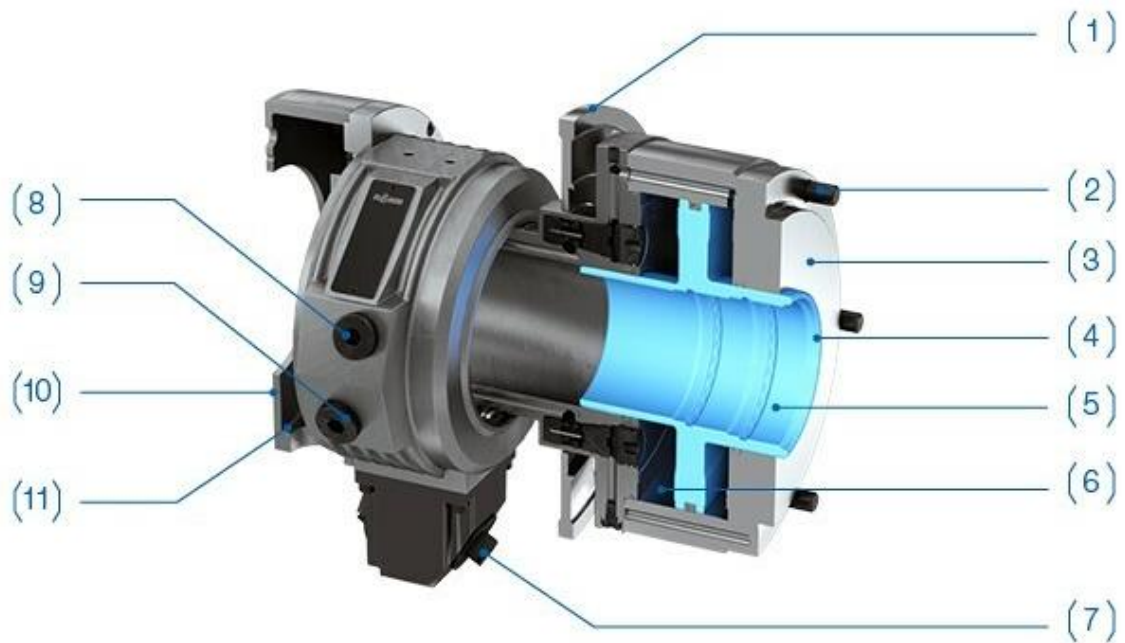


Рис. 1.12 – Типова конструкція порожнистого обертового гідроциліндра з маслопідвідним пристроєм

Будь-яка охолоджувальна рідина, що проходить вздовж заготовки, потрапляє в піддон для збору охолоджувальної рідини 10 і повертається в систему охолодження/змащування верстата через лінію зливу охолоджуючої рідини 11.

1.6 Вибір напрямку розробки та завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Жорсткість технологічної системи токарно-револьверного верстата з ЧПК багато в чому залежить від жорсткості системи патрон-деталь. Ця жорсткість в основному визначається способом затиску і конструкцією затискного патрона.

Збільшення жорсткості даної системи сприяє підвищенню режимів різання, отже, продуктивності обробки. Забезпечення високої та стабільної жорсткості системи, крім того, гарантує високу точність обробки та якість обробленої поверхні.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

У пруткових токарно-револьверних верстатах з ЧПК для закріплення прутка широкого поширення набули цангові патрони в основному одинарного затиску, що, як показали раніше виконані дослідження [8], не у всіх випадках забезпечує необхідну жорсткість і є стримуючим фактором для підвищення техніко-економічних показників таких верстатів.

Тому розроблення конструкції приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску є важливою конструкторською задачею.

Метою роботи є конструювання приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК з цанговим патроном подвійного затиску для забезпечення високої жорсткості затиску пруткових заготовок.

Основні завдання:

1. Привести структурно-функціональну схему затискних механізмів токарних верстатів з ЧПК та провести класифікацію затискних патронів та приводів затиску.

2. Описати призначення, область застосування особливості конструкції токарно-револьверного верстату з ЧПК та його приводу затиску і подачі пруткового матеріалу.

3. Провести аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску, які використовуються у токарних верстатах з ЧПК.

4. Провести аналіз конструкції обертових гідроциліндрів гідравлічних приводів затиску токарних верстатів з ЧПК

5. Провести аналіз об'єкту виробництва та методи обробки основних поверхонь деталі.

6. Розробити технологічний маршрут механічного оброблення деталі. Спроекувати операційну технологію обробки на токарно-револьверному верстаті з ЧПК.

7. Здійснити вибір різального, вимірювального інструменту та режимів різання для токарно-револьверної операції.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

8. Провести вибір структури приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК із затискним патроном подвійного затиску.

9. Вибрати принципову та конструктивну схеми цангового патрона подвійного затиску, а також конструктивні параметри цанги подвійного затиску.

10. Визначити сили затиску цанговим патроном з двоконусною цангою.

11. Провести розрахунок радіальних відтискань при затиску у цанговому патроні подвійного затиску.

12. Визначити параметри обертового гідравлічного циліндра приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК із затискним патроном подвійного затиску.

					<i>КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		27

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика об'єкту виробництва

Деталь «Втулка», креслення якої приведене у додатку 1, відноситься до деталей типу «втулки», має центральний наскрізний отвір та фланцеву поверхню з лисками (рис. 2.1). Деталь має виготовлятися із титанового сплаву ВТ-6, який має надзвичайно високу корозійну стійкість по відношенню до багатьох агресивних природних середовищ, не реагує з більшістю кислот, та може працювати в умовах дуже високих температур.

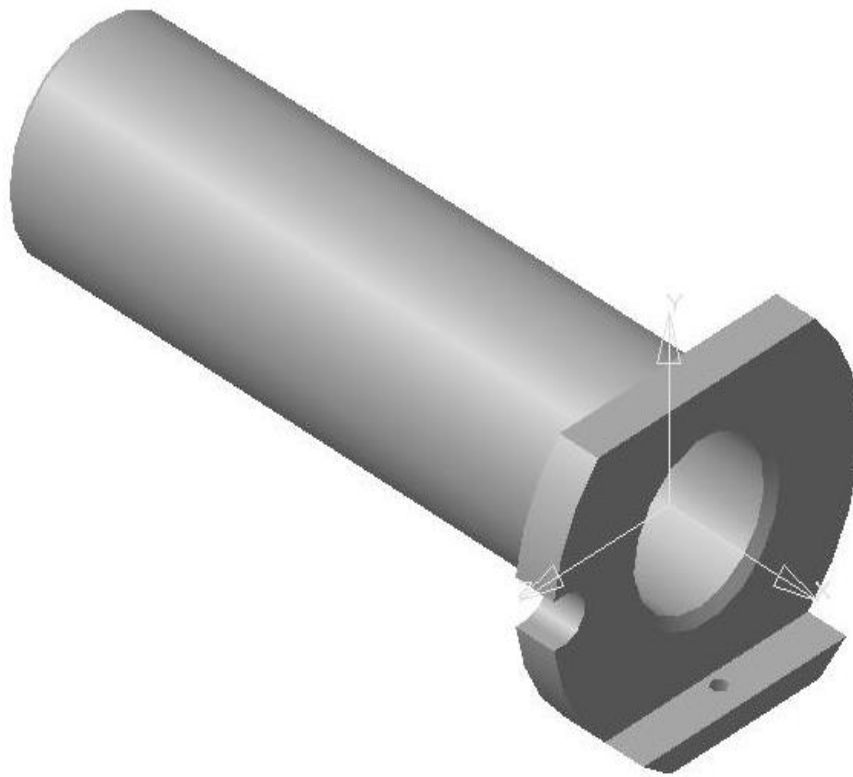


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Втулка»

До основних поверхонь даної деталі відносяться:

- торцева плоска поверхня з шорсткістю Ra 3,2;
- зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14h8$ з шорсткістю Ra 0,8;

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив	Проць М.В.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.				Н	28	11
Н. контр.	Кобельник В.Р.				Технологічний розділ		
Затв.	Крупа В.В.						
					ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		

- центральний отвір Ø10,2 з Ra 0,8.

Другорядними є всі решта поверхонь.

Основні поверхні деталі «Втулка», їх характеристика та спосіб обробки приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Основні поверхні деталі та методи обробки

№ п/п	Назва елементу	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм	Спосіб обробки
1.	Гладка циліндрична поверхня Ø14 мм	h8	0,8	Точіння чорнове; точіння чистове; кругле шліфування
2.	Отвір Ø10,2 мм	H14	0,8	Свердління; зенкерування; розвертання
4.	Радіусна поверхня R3 мм	H14	1,6	Фрезерування
6.	Гладка циліндрична поверхня Ø24 мм	h14	6,3	Точіння чорнове
7.	Плоска торцева поверхня	H14	3,2	Фрезерування
8.	Лиски на циліндричній поверхні	h14	3,2	Фрезерування
9.	Отвір Ø1,2 мм	H14	6,3	Свердління

2.2 Розробка технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У відповідності з рекомендаціями [11-13] розроблено технологічний маршрут механічного оброблення деталі «Втулка», який приведений у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Технологічний маршрут виготовлення деталі

№ операції	Назва технологічної операції	Зміст технологічної операції
005	Заготівельна	Розрізати прутки на довжину 3 м

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

015	Токарно-револьверна з ЧПК	Обробити деталь по програмі
025	Віброабразивна	Обробити деталі абразивом для заокруглення гострих кромок до величини 0,1..0,4 мм
030	Вертикально-фрезерна	Провести обробку пазу фрезеруванням у розміри R3 мм, 11 _{-0,3} , 3 мм, мм
040	Горизонтально-фрезерна	Обробити лиски фрезеруванням витримуючи розміри 10,5 мм, 8,5 мм.
045	Слюсарна	Притупити гострі кромки та зняти заусенси
055	Горизонтально-фрезерна	Обробити торцеву поверхню фрезеруванням у розміри 3 мм, 1,5 мм.
070	Безцентрово-шліфувальна	Обробити поверхню шліфуванням витримуючи розмір $\varnothing 14_{-0,027}$ мм
075	Слюсарна	Притупити гострі кромки та зняти заусенси
080	Свердлильна	Обробити фаску в розмір 0,6×45° мм зенкеруванням
085	Настільно-свердлильна	Обробити отвір в розміри $\varnothing 1,2$ мм, 1 мм свердлінням
115	Покриття	Анодним імпульсним окисленням здійснити покриття поверхні шаром товщиною 0,002...0,003 мм

2.3 Вибір металообробного обладнання

Згідно рекомендацій [11-13] здійснюємо вибір металообробного обладнання для виконання операцій технологічного процесу.

Результати вибору записуємо у табл. 2.3.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

Таблиця 2.3. Технологічне обладнання для реалізації технологічного процесу

Номер операції	Назва операції	Назва і модель металорізального верстату
015	Токарно-револьверна з ЧПК	Верстат токарно-револьверний мод. 1В340Ф30 з ЧПК
030	Вертикально-фрезерна	Верстат вертикально-фрезерний мод. 6Р12
040	Горизонтально-фрезерна	Верстат горизонтально-фрезерний мод. 6Р82
055	Горизонтально-фрезерна	Верстат горизонтально-фрезерний мод. 6Р82
070	Безцентрово-шліфувальна	Верстат безцентрово-шліфувальний мод. 3М184
080	Свердлильна	Верстат вертикально--свердлильний мод. 2Н115
085	Настільно-свердлильна	Верстат настільно-свердлильний мод. 2Н106П

2.4 Розроблення токарно-револьверної операції з ЧПК

2.4.1 Операційна технологія на токарно-револьверний верстат з ЧПК

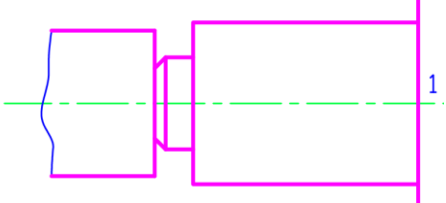
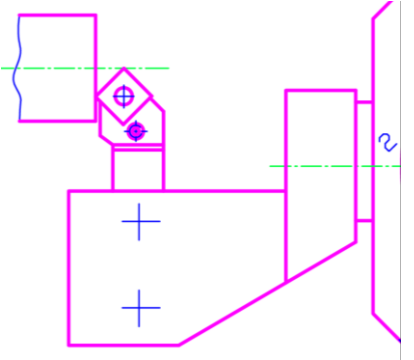
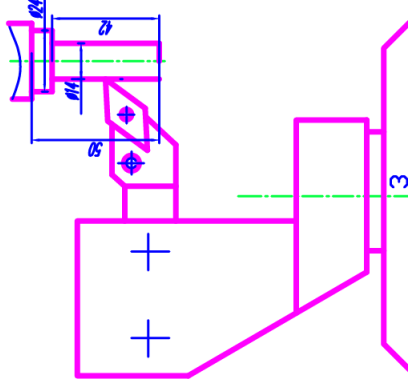
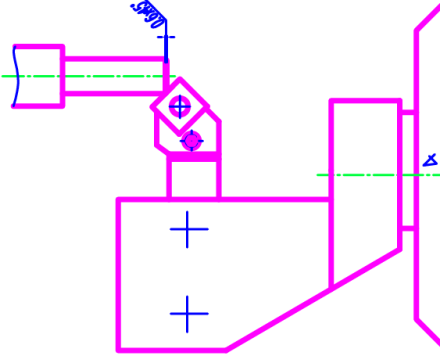
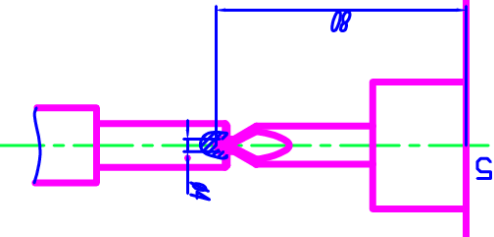
На основі проведеного аналізу обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання та плоских поверхонь [11-15] запропоновано операційну технологію обробки деталі на токарно-револьверному верстаті з ЧПК.

Операційна технологія обробки деталі на токарно-револьверному верстаті з ЧПК передбачає встановлення упору та інструментів в усі вісім позицій револьверної головки та відрізного різця у поперечний гідравлічний супорт.

Розроблена операційна технологія приведений у табл. 2.4.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Таблиця 2.4. Операційна технологія обробки деталі

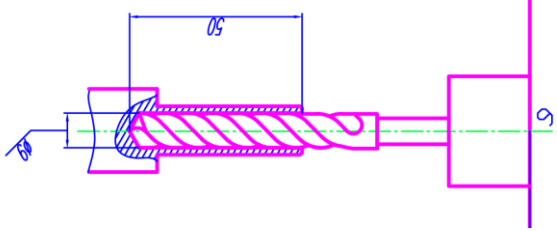
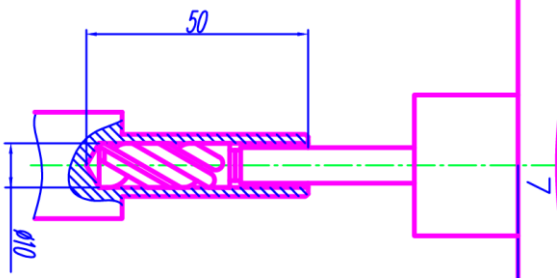
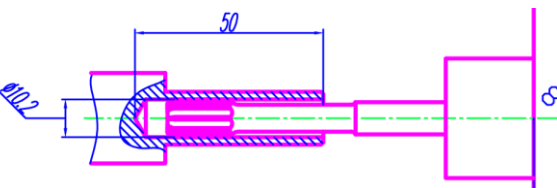
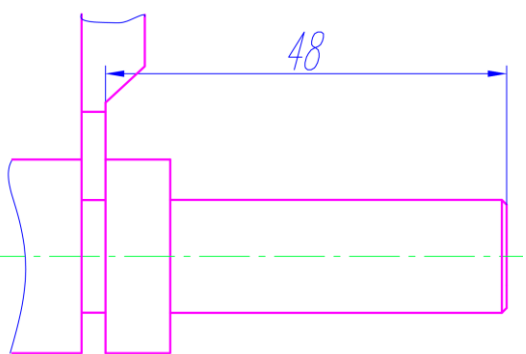
Номер переходу	Схема обробки	Зміст операції
1		<p>Подати пруток до упора і закріпити</p>
2.		<p>Підрізати торець по програмі</p>
3.		<p>По програмі точити поверхню в розмір $\varnothing 24$ на довжину 50 мм. По програмі точити поверхню в розмір $\varnothing 14$ на довжину 42 мм у 2 проходи</p>
4.		<p>По програмі точити фаску $0,6 \times 45^\circ$ мм</p>
5.		<p>По програмі зацентрувати деталь</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

6.		По програмі свердлити центральний отвір Ø9 на довжину 50 мм
7.		По програмі зенкерувати центральний отвір Ø9 до Ø10 на довжину 50 мм
8		По програмі розвернути центральний отвір Ø10 до Ø10,2 мм
9.		По програмі відрізати деталь в розмір 48 мм

2.4.2 Вибір різального інструменту та вимірювального інструменту

Вибраний різальний інструменту суттєво впливає на якість оброблюваної поверхні, а також та точність обробки. Різальний інструмент, яким має оснащуватися токарно-револьверний верстат з ЧПК повинен володіти високою різальною здатністю та високою стійкістю [11-13]. Такі вимоги задовольняють інструменти світових виробників Sandvik Coromant, Kennametal, Seco Tools, Iscar, Mitsubishi Materials, TaeguTec, Kyocera та ін. [11-13].

Вибрані різальні інструменти для операції 015 Токарно-револьверна з ЧПК приведені у табл. 2.5

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

Таблиця 2.5 Вибраний різальний інструмент

Номер переходу	Найменування і короткий зміст переходу	Різальний інструмент
1.	Подати пруток до упора і закріпити.	-
2.	По програмі підрізати торець	Різець токарний прохідний фірми Kennametal DDJNR2020K15 із пластинкою з твердого сплаву KCU10B
3.	По програмі точити поверхню в розмір Ø24 на довжину 50 мм. По програмі точити поверхню в розмір Ø14 на довжину 42 мм у 2 проходи.	Різець токарний контурний фірми Kennametal DNMG150608 із пластинкою з твердого сплаву KCU10B
4.	По програмі точити фаску 0,6×45°мм	Різець токарний прохідний фірми Kennametal DDJNR2020K15 із пластинкою із твердого сплаву KCU10B
5.	По програмі зацентрувати деталь	Монолітне центрувальне свердло фірми Kennametal серії GoDrill Ø6 мм із твердого сплаву KCU15
6.	По програмі свердлити центральний отвір Ø9 на довжину 50 мм	Свердло спіральне фірми Kennametal B011A09000CP Ø9 мм із твердого сплаву KCU15
7	По програмі зенкерувати центральний отвір Ø9 до Ø10 на довжину 50 мм	Зенкер Ø10 мм BK6 ОСТ 2И22-1– 80
8	По програмі розвернути центральний отвір Ø10 до Ø10,2 мм	Розвертка BK8 Ø10,2 мм ГОСТ 1672-71

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

9.	По програмі відрізати деталь в розмір 48 мм	Різець відрізний фірми Kennametal EVSL2525M0420E із пластинкою з твердого сплаву KCU25
----	---------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Для токарно-револьверної операції з ЧПК вибрано наступний вимірювальний інструмент [16, 17]:

- штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ166-80;
- калібр-скоба 24._{0,33} 50255090;
- калібр-скоба 14._{0,12} У6024-6221;
- шаблон R0,3 У50690003;
- шаблон R0,5 У50690005;
- кутомір типу 4 - 10 ГОСТ 5378-88;
- калібр-пробка Ø10,2^{+0,27} У6023-5861.

2.4.3 Розрахунок та вибір режимів різання

Розрахуємо режими різання на обробку поверхні Ø14 мм точінням.

Глибина різання $t=1,5$ мм; подача при напівчистовому точінні $S=0,1$ мм/об [18].

Швидкість різання визначаємо за формулою [13, 18]:

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} \cdot K_V, \quad (2.1)$$

де C_V – коефіцієнт, що залежить від умов обробки; $C_V=320$ [18];

T – стійкість різця; $T = 60$ хв;

m, x, y – показники степеня; $m = 0,2, x = 0,15, y = 0,20$ [18];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що визначається за формулою:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (2.2)$$

де K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі, $K_{nv} = 1$ [18];

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив інструмента, $K_{iv} = 0,9$ [18];

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки $K_{mv} = 1$.

Підставивши значення у (2.1) отримаємо:

$$V = \frac{320}{60^{0,20} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,20}} \cdot 0,9 = 190 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 26} = 25202 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя верстата: $n_{\partial} = 2500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 26 \cdot 2500}{1000} = 188 \text{ м/хв.}$$

Визначення сили різання здійснюємо за залежністю [13, 18]:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (2.3)$$

де C_p - коефіцієнт, що залежить від умов обробки; $C_p = 300$ [18];

x, y, n – показники степеня; $x = 1, y = 0,75, n = 0$ [18];

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання, $K_p = 1.0$ [18].

Підставивши значення у (2.3) отримаємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,08^{0,75} \cdot 251^0 \cdot 1 = 1354 \text{ Н}$$

Потужність різання [13, 18]:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1354 \cdot 188}{1020 \cdot 60} = 4,2 \text{ кВт.} \quad (2.4)$$

Здійснюємо перевірку можливості обробки на токарно-револьверному верстаті з ЧПК:

$$N_{uv} \geq N_{\partial v};$$

$$N_{uv} = N_{\partial v} \cdot \eta = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ кВт.}$$

Так як $N_{uv} = 12 \text{ кВт} > N_p = 4,2$, то обробка на даному токарно-револьверному верстаті можлива.

Основний час обробки [13, 18]:

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

$$t_o = \frac{L_p}{n \cdot S} \cdot i, \quad (2.5)$$

де L_p – довжина ходу різця; i – число проходів, $i = 1$;

$$L_p = L + \Delta + y, \quad (2.6)$$

де L – довжина обробки, $L = 42$ мм;

Δ – величина врзання, $\Delta = 1$ мм;

y – величина перебігу, $y = 1,5$ мм.

Підставивши значення у (2.6) отримаємо:

$$L_p = 42 + 1 + 1,5 = 44,5 \text{ мм.}$$

Підставивши значення у (2.5) отримаємо:

$$t_o = \frac{44,5}{2500 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,356 \text{ хв.}$$

Решта розрахованих аналогічно, а також вибраних режимів різання приведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6. Вибрані режими різання для реалізації технологічної операції

Номер переходу	Найменування і короткий зміст переходу	t, мм	S _o , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
1.	Подати пруток до упора і закріпити.	-	-	-	-
2.	По програмі підрізати торець	1,0	0,1	180	2300
3.	По програмі точити поверхню в розмір Ø24 на довжину 50 мм.	1,0	0,1	180	2300
	По програмі точити поверхню в розмір Ø14 на довжину 42 мм у 2 проходи.	1,5	0,1	188	2500
4.	По програмі точити фаску 0,6×45°мм	0,6	0,1	188	2500

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

5.	По програмі зацентрувати деталь	3	0,08	15	800
6.	По програмі свердлити центральний отвір Ø9 на довжину 50 мм	4,5	0,08	10	350
7	По програмі зенкерувати центральний отвір Ø9 до Ø10 на довжину 50 мм	0,5	0,1	10	340
8	По програмі розвернути центральний отвір Ø10 до Ø10,2 мм	0,1	0,06	4	125
9.	По програмі відрізати деталь в розмір 48 мм	3	0,05	150	2000

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір структури приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК із затискним патроном подвійного затиску

Шпиндельний вузол токарно-револьверного верстату з ЧПК (без урахування приводу обертання) можна розглядати як технічну систему [19], що складається із таких підсистем як затискний механізм (ЗМ) та шпиндель на опорах (Ш) [20]. У свою чергу затискний механізм на нижчому ієрархічному рівні складається із приводу затиску (ПрЗ), передавальної ланки (ПЛ) та затискного патрона (ЗП) [20].

Кожна із підсистем затискного механізму має можливі альтернативи по розташуванню приводу затиску, наявності і розташуванню передавальної ланки, принципу дії (способу затиску), типу і розташуванню ЗП для затиску прутків (труб), які є об'єктами затиску (ОЗ).

З врахуванням конструкції шпиндельного вузла токарно-револьверного верстату з ЧПК та його базового механізму затиску, як підсистеми, вибираємо структуру приводу затиску, приведену на рис. 3.1 [20].

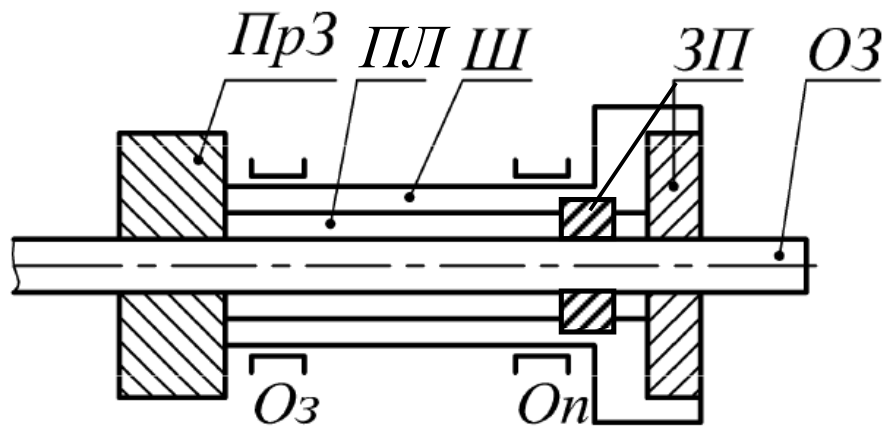


Рисунок 3.1 – Структура приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК із затискним патроном подвійного затиску

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Проць М.В.				Конструкторський розділ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.					Н	39	20
Н. контр.	Кобельник В.Р.				ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль			
Затв.	Крупа В.В.							

Така структура приводу затиску має розташування приводу затиску (ПрЗ) на задньому кінці шпинделя за його задньою опорою та передавальну ланку (ПЛ), розташовану між приводом затиску (ПрЗ) та затискним патроном (ЗП) з однієї сторони. Затискний патрон (ЗП) виконаний у вигляді цангового патрона подвійного затиску, який розташований всередині шпинделя, та здійснює затиск прутка (ОЗ) по зовнішній поверхні.

3.2 Вибір принципової та конструктивної схем цангового патрона подвійного затиску

Конструктивна схема та принцип дії затискного механізму в цілому та, зокрема, цангового патрона залежить від напрямку та характеру поширення силового потоку в затискному механізмі [1]. Окрім того на її вибір впливають зовнішні сили та вибір силового контуру затискного патрона [1].

Результати досліджень показали [1], що для надійного затиску та виключення впливу вільного кінця прутка, що обертається, на точність обробки деталей ефективною конструктивною схемою є схема цангового патрона з багатомісним і, зокрема, подвійним (у двох місцях) затиском. На рис. 3.2. приведені можливі принципові схеми цангових патронів подвійного затиску для затиску прутків [20].

В результаті аналізу приведених можливих принципових схем цангових патронів подвійного затиску для затиску прутків вибрано принципову схему, яка побудована за принципом цангових патронів натискного типу та містить двоконусну цангу з різноспрямованими конусами та пелюстками.

Конструктивна схема цангового патрона подвійного затиску, розроблена на основі описаної вище принципової схеми, приведена на рис. 3.3. Цанговий патрон складається з двоконусної цанги 4, яка одним своїм конусом з кутом α_1 взаємодіє конусною поверхнею корпусу 5, а іншим конусом з кутом α_2 – з натискною втулкою 1, що з'єднана з трубою затиску. Корпус 5 цангового патрона за допомогою гвинтів кріпиться до шпинделя. Для базування зовнішньої поверхні

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

При дії сили S двоконусна цанга 4 взаємодіє з натискною втулкою 1 та конічним отвором корпусу 5 та здійснює затиск заготовки радіальними силами T_1 і T_2 . Втулка 3 із зазором охоплює двоконусну цангу та виключає її перекид при затиску-розтиску.

3.3 Вибір конструктивних параметрів цанги подвійного затиску

На рис. 3.4. приведена конструкція двоконусної цанги цангового патрона подвійного затиску, конструктивна схема якого зображена на рис. 3.3. Цанга має направлені в різні сторони прорізи.

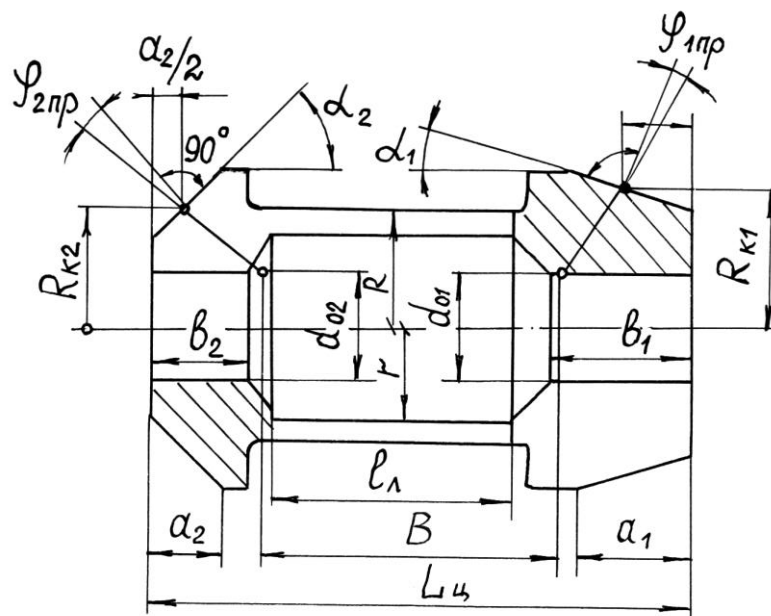


Рисунок 3.4 – Конструкція двоконусної цанги цангового патрона подвійного затиску для затиску прутків і труб

Параметри двоконусної цанги цангового патрона подвійного затиску для затиску прутків і труб приймемо за рекомендаціями [1, 21].

1. Половини кутів конусів двоконусної цанги $\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$.
2. Довжина цанги

$$L = 2 \cdot \frac{3,3 \cdot (d + 2t_1)}{\sqrt{d + 2t_1}}, \quad (3.1)$$

де d - максимальний діаметр прутка;

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

t_1 - висота губки цанги на її торці.

Прийнявши $t_1 = 5$ мм за залежністю (3.1) отримаємо:

$$L = 2 \cdot \frac{3,3 \cdot (40 + 2 \cdot 5)}{\sqrt[6]{40 + 2 \cdot 5}} = 163 \text{ мм.}$$

Приймемо довжину цанги $L = 160$ мм.

3. Довжина конусної поверхні передньої частини цанги

$$a_1 = 1,67 \cdot \sqrt[4]{(d + 2t_1)^3} = 1,67 \cdot \sqrt[4]{(40 + 2 \cdot 5)^3} = 31 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Приймемо довжину конусної поверхні передньої частини цанги $a_1 = 30$ мм.

Тоді довжина задньої частини конусної поверхні задньої частини цанги буде рівна $a_2 = a_1 / 2 = 30 / 2 = 15$ мм.

4. Товщина пелюстки між конусними поверхнями цанги подвійного затиску:

$$t = 0,37 \cdot \sqrt{d + 2t_1} = 0,37 \cdot \sqrt{40 + 2 \cdot 5} = 2,6 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Приймемо товщину пелюстки між конусними поверхнями цанги подвійного затиску $t = 3$ мм.

5. Довжина губки передньої частини цанги подвійного затиску:

$$b_1 = (1,1 \dots 1,3) \cdot a_1 = (1,2 \dots 1,4) \cdot 30 = 36 \dots 42 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

Приймемо довжину губки передньої частини цанги подвійного затиску $b_1 = 40$ мм.

6. Довжина губки задньої частини цанги подвійного затиску:

$$b_2 = (1,1 \dots 1,3) \cdot a_1 = (1,2 \dots 1,4) \cdot 15 = 18 \dots 21 \text{ мм.} \quad (3.5)$$

Приймемо довжину губки задньої частини цанги подвійного затиску $b_2 = 20$ мм.

7. Довжина розрізки передньої частини цанги подвійного затиску:

$$l_1 = L - 1,5 \cdot a_1 = 160 - 1,5 \cdot 30 = 115 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Приймемо довжину розрізки передньої частини цанги подвійного затиску $l_1 = 120$ мм.

Довжину розрізки задньої частини цанги подвійного затиску приймемо рівною $l_2 = l_1 = 120$ мм.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

Кількість пелюсток передньої і задньої частини цанги подвійного затиску приймемо рівним $z_1 = z_2 = 3$.

3.4 Визначення сил затиску цанговим патроном з двоконусною цангою

Розрахункова схема для визначення радіальних сил затиску T_1 і T_2 пелюстками лівої і правої частини двоконусної цанги при поданому прутку до упору, який розміщений у револьверній головці, приведена на рис. 3.5.

Приймемо наступні припущення: 1) упор прутка, встановлений у одній з позицій револьверної головки, є абсолютно жорстким; 2) не приймаємо до розгляду втрату осьової сили приводу на стискання пелюсток двоконусної затискної цанги, оскільки вона дуже мала в порівнянні з радіальними силами затиску.

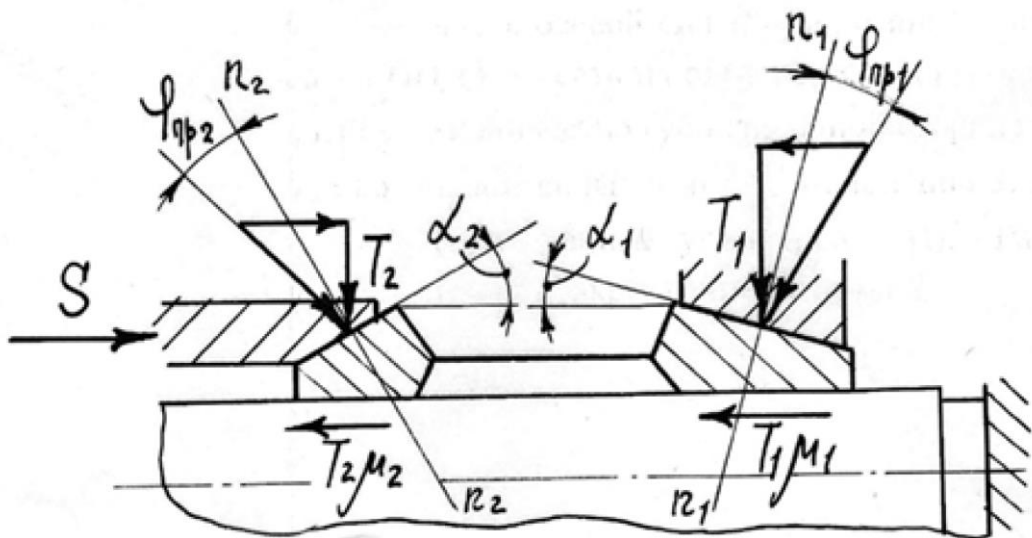


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема для визначення сил, що діють на заготовку при затиску прутка з упором

На розрахунковій схемі (рис. 3.5) прийнято наступні позначення:

- T_1 і T_2 – радіальні сили затиску;
- S – осьова сила від приводу затиску;
- α_1 та α_2 – половини кутів конусів двоконусної цанги;
- μ_1 та μ_2 – коефіцієнти тертя пелюсток двоконусної цанги із заготовкою;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

- φ_{np1} та φ_{np2} – приведені кути тертя конусних поверхонь пелюсток двоконусної цанги із конусними поверхнями корпусу та натискної втулки.

З певним наближенням приймаємо $\varphi_{np1} = \varphi_{np2} = \varphi$.

При затиску на конусних поверхнях цанги виникають сила реакції $R_1 = N_1 + N_1 \cdot f$, яка направлена під кутом $\alpha_1 + \varphi$ від нормалі $n_1 - n_1$, та сила реакції $R_2 = N_2 + N_2 \cdot f$, яка направлена під кутом $\alpha_2 + \varphi$ від нормалі $n_2 - n_2$.

Нормальна сила, яка діє на ліву пелюстку двоконусної цанги:

$$N_2 = S \cdot \sin \alpha_2. \quad (3.7)$$

З врахуванням сили тертя $N_2 \cdot f$ реакція

$$R_2 = \frac{N_2}{\cos \varphi} = \frac{S \cdot \sin \alpha_2}{\cos \varphi}. \quad (3.8)$$

Реакція

$$R_1 = \frac{N_1}{\cos \varphi}. \quad (3.9)$$

Запишемо рівняння рівноваги статичних сил, що діють на двоконусну цангу.

Проекція всіх сил на горизонтальну вісь X :

$$\sum X = \frac{S \cdot \sin \alpha_2}{\cos \varphi} \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi) - R_1 \cdot \sin(\alpha_1 + \varphi) - T_1 \mu_1 - T_2 \mu_2 = 0. \quad (3.10)$$

Проекція всіх сил на вертикальну вісь Y :

$$\sum Y = -\frac{S \cdot \sin \alpha_2}{\cos \varphi} \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi) - R_1 \cdot \cos(\alpha_1 + \varphi) - T_1 - T_2 = 0. \quad (3.11)$$

Сума моментів всіх сил відносно точки прикладання реакції R_2 :

$$\sum M = R_1 h_1 - T_1 \cdot h_2 - T_2 h_3 + (T_1 \cdot \mu_1 - T_2 \mu_2) h_4 = 0, \quad (3.12)$$

де h_1, h_2, h_3, h_4 - плечі дії сил R_1, T_1, T_2 та $T_1 \mu_1$ і $T_2 \mu_2$ відносно точки прикладання реакції R_2 .

Визначимо з останнього рівняння R_1 :

$$R_1 = \frac{T_1 \cdot h_2 + T_2 h_3 - (T_1 \cdot \mu_1 - T_2 \mu_2) h_4}{h_1}. \quad (3.13)$$

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Підставивши вираз (3.13) у рівняння (3.11) та (3.12) та здійснивши перетворення, отримаємо вирази для визначення сил затиску:

$$T_2 = S \cdot \frac{K_3 K_4 \sin(\alpha_1 + \varphi) - K_1 K_4 - K_1 K_3}{(K_2 K_5 - K_1 K_6) \sin(\alpha_1 + \varphi) - \mu_1 K_2 - \mu_2 K_1}; \quad (3.14)$$

$$T_1 = S \cdot \left(\frac{K_3}{K_1} - \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{K_3 K_4 \sin(\alpha_1 + \varphi) - K_1 K_4 - K_1 K_3}{(K_2 K_5 - K_1 K_6) \sin(\alpha_1 + \varphi) - \mu_1 K_2 - \mu_2 K_1} \right), \quad (3.15)$$

де безрозмірні коефіцієнти рівні

$$K_1 = \frac{h_1 - \mu_1 h_4}{h_2} \cos(\alpha_1 + \varphi);$$

$$K_2 = \frac{h_3 - \mu_2 h_4}{h_1} \cos(\alpha_1 + \varphi);$$

$$K_3 = \frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi} \cos(\alpha_2 + \varphi);$$

$$K_4 = \frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi} \sin(\alpha_2 + \varphi);$$

$$K_5 = \frac{h_2 - \mu_1 h_4}{h_1};$$

$$K_6 = \frac{h_3 - \mu_2 h_4}{h_1}.$$

Оскільки $h_1 > h_2 > h_4 > h_3$, то плечами h_3 , h_4 дії сил T_2 та $T_1 \mu_1$ і $T_2 \mu_2$ відносно точки прикладання реакції R_2 можна знехтувати, тобто $h_4 = 0$ і $h_3 = 0$.

Тоді при $h_1 \approx h_2$ безрозмірні коефіцієнти будуть визначатися за залежностями:

$$K_1 = \frac{h_1}{h_2} \cos(\alpha_1 + \varphi) = \cos(\alpha_1 + \varphi); \quad K_2 = 0;$$

$$K_3 = \frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi} \cos(\alpha_2 + \varphi); \quad K_4 = \frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi} \sin(\alpha_2 + \varphi);$$

$$K_5 = \frac{h_2}{h_1} \approx 1; \quad K_6 = 0.$$

Підставивши вирази безрозмірних коефіцієнтів у залежності (3.14) та (3.15) отримаємо:

$$T_1 = S \cdot \left(\frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi} \cdot \frac{\cos(\alpha_2 + \varphi)}{\cos(\alpha_1 + \varphi)} \right); \quad (3.16)$$

$$T_2 = S \cdot \frac{\frac{\sin^2 \alpha_2}{2 \cdot \cos^2 \varphi} \sin(2\alpha_2 + 2\varphi) - \cos(\alpha_2 + \varphi) \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi) \cdot \frac{\sin(\alpha_2 + \varphi)}{\cos \varphi}}{-\mu_2 \cos(\alpha_1 + \varphi)}. \quad (3.17)$$

Визначимо радіальні сили затиску T_1 і T_2 з використанням пакету прикладних програм MathCAD для конструкції двоконусної цанги цангового патрона подвійного затиску з наступними параметрами:

- половини кутів конусів двоконусної цанги $\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$;
- коефіцієнти тертя пелюсток двоконусної цанги із заготовкою $\mu_1 = \mu_2 = 0,15$;
- приведений кут тертя конусних поверхонь пелюсток двоконусної цанги із конусними поверхнями корпусу та натискної втулки $\varphi = 6^\circ$.

Для приводу затиску токарно-револьверного верстата з ЧПК 1В340Ф30 осьову силу приводу прийемо в діапазоні $S = 5 \dots 10$ кН.

Результати розрахунку радіальних сил затиску T_1 і T_2 з використанням пакету прикладних програм MathCAD приведені нижче.

Отже, за результатами розрахунку при зміні осьової силу приводу затиску в діапазоні $S = 5 \dots 10$ кН радіальні сили затиску змінюються в діапазоні $T_1 = 2,18 \dots 4,36$ кН і $T_2 = 8,62 \dots 17,23$ кН.

Сумарна максимальна радіальна сила затиску прутка цанговим патроном подвійного затиску:

$$T_{\Sigma \max} = T_{1\max} + T_{2\max} = 4,36 + 17,23 = 21,59 \text{ кН}. \quad (3.18)$$

Коефіцієнт підсилення цангового патрона з подвійним затиском:

$$K_{\text{нід}} = \frac{T_{1\max} + T_{2\max}}{S_{\max}} = \frac{4,36 + 17,23}{10} = 2,16. \quad (3.19)$$

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗРАХУНОК РАДІАЛЬНИХ СИЛ ЗАТИСКУ ЦАНГОВИМ ПАТРОНОМ ПОДВІЙНОГО ЗАТИСКУ

Приведений кут тертя між конусними поверхнями пелюсток цанги і корпусу

$$\varphi := 6 \cdot \text{deg}$$

Коефіцієнт тертя пелюсток цанги із прутком $\mu := 0.1$

Половини кутів конусів двоконусної цанги $\alpha 1 := 15 \cdot \text{deg}$ $\alpha 2 := 30 \cdot \text{deg}$

Осьова сила приводу затиску $S := 5..10 \text{ кН}$

Радіальні сили затиску

$$T1(S) := S \cdot \frac{\sin(\alpha 2)}{\cos(\varphi)} \cdot \frac{\cos(\alpha 2 + \varphi)}{\cos(\alpha 1 + \varphi)} \quad \text{кН}$$

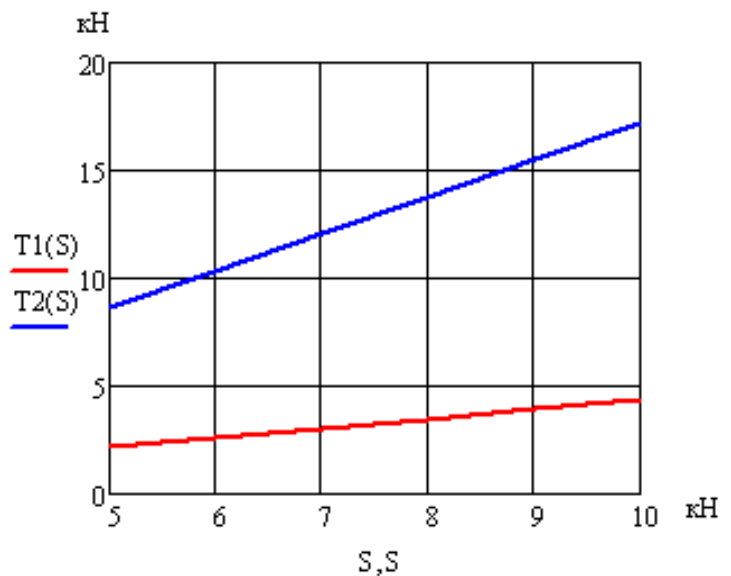
$$T2(S) := S \cdot \frac{\frac{(\sin(\alpha 2))^2}{2 \cdot (\cos(\varphi))^2} \cdot \sin(2 \cdot \alpha 2 + 2 \cdot \varphi) - \cos(\alpha 2 + \varphi) \cdot \sin(\alpha 2 + \varphi) \cdot \frac{\sin(\alpha 2 + \varphi)}{\cos(\varphi)}}{-\mu \cdot \cos(\alpha 1 + \varphi)} \quad \text{кН}$$

T1(S) =

2.178
2.614
3.05
3.485
3.921
4.357

T2(S) =

8.615
10.338
12.061
13.784
15.507
17.23



3.5 Розрахунок радіальних відтискань при затиску у цанговому патроні подвійного затиску

Максимальне радіальне відтискання при затиску прутка у цанговому патроні подвійного затиску (рис. 3.6) і чорновій обробці з максимальною радіальною силою різання визначиться за залежністю [1]:

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

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

$$y = y_n + y_{кк} + y_{кз}, \quad (3.20)$$

де y_n - радіальне відтискання, обумовлене прогином заготовки, що розглядається як консольна балка на двох абсолютно жорстких опорах;

$y_{кк}$ - радіальне відтискання в напрямку дії сили P_p , викликане контактними зближеннями губок цанги зі шпинделем (корпусом);

$y_{кз}$ - радіальне відтискання в напрямку дії сили P_p , викликане контактними зближеннями губок цанги та прутком.

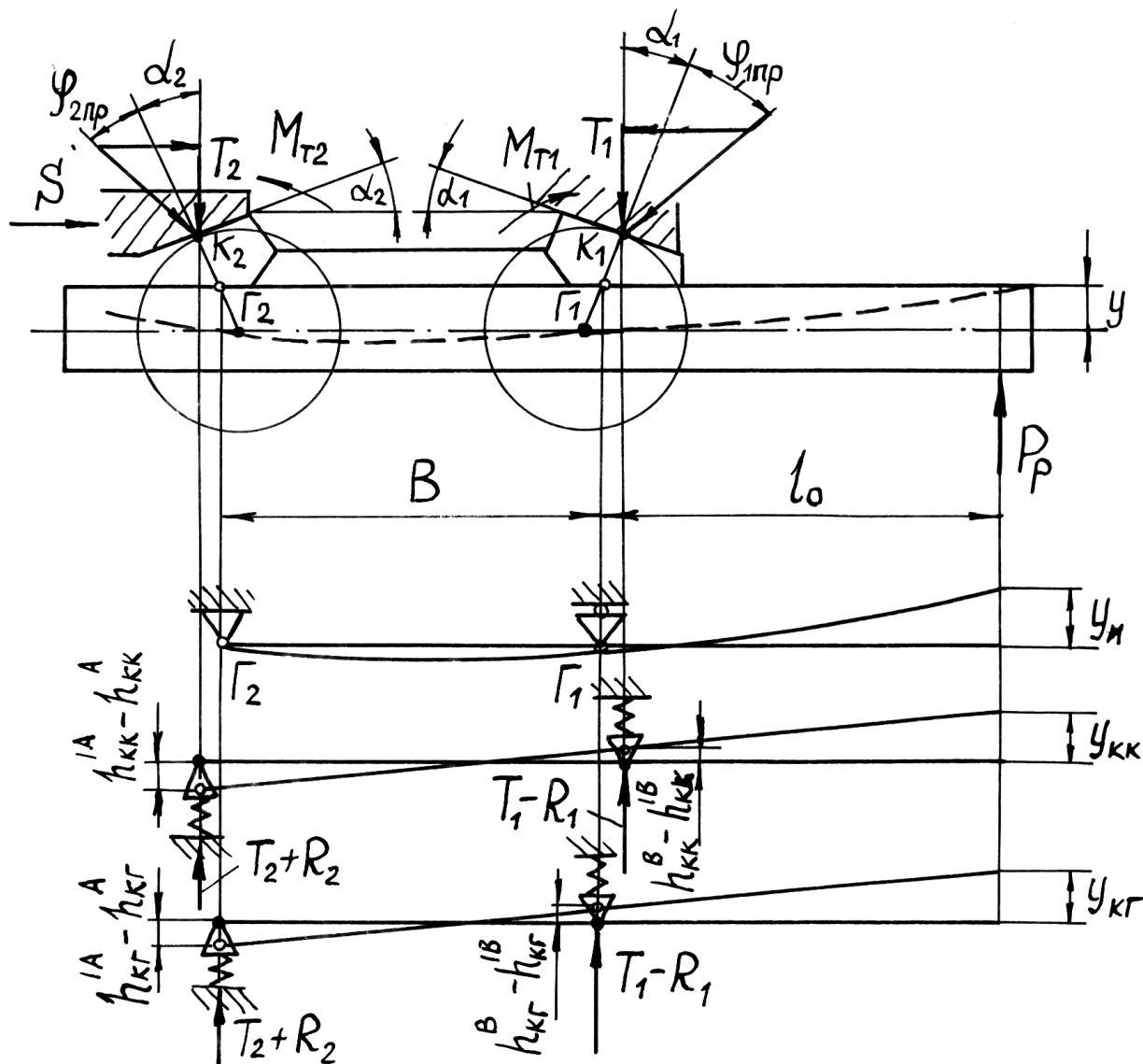


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема для визначення радіального відтискання при затиску прутка у цанговому патроні подвійного затиску

Нехтуючи контактними зближеннями губок цанги і шпинделя, оскільки воно набагато менше інших складових радіального відтискання [1], залежність (3.13)

буде мати вигляд:

$$y = y_n + y_{кз}. \quad (3.21)$$

Радіальне відтискання, обумовлене прогином заготовки, визначиться за залежністю [1]:

$$y_n = \frac{P_p l_o^2}{EI_x} \cdot \left(\frac{l_o}{3} + \frac{B}{4} \right), \quad (3.22)$$

де B – відстань між точками перетину твірної циліндричної поверхні заготовки з лініями, проведеними через середини конусів цанги під кутами $\alpha_1 + \varphi$ та $\alpha_2 + \varphi$;

l_o - довжина консолі;

E - модуль пружності другого роду;

I_x - момент інерції поперечного перерізу прутка.

Для розробленої конструкції цангового патрона подвійного затиску величина $B = 120$ мм. Модуль пружності другого роду для сталюого прутка $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм². Виходячи із технічних характеристик верстату мод. 1В340Ф30 максимальна довжина оброблюваної заготовки, яка буде рівна вильоту прутка $l_o = 100$ мм.

Момент інерції круглого перерізу прутка:

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64}, \quad (3.23)$$

де d - діаметр прутка.

За залежністю (3.15) знайдемо момент інерції для прутка максимального розміру $d = 40$ мм:

$$I_x = \frac{3,14 \cdot 40^4}{64} = 125600 \text{ мм}^4.$$

Виходячи із 75% максимального зусилля поздовжньої подачі верстату мод. 1В340Ф30, що рівне осьовій силі різання $P_x = 4500$ Н, максимальна радіальна сила різання при поздовжньому точінні сталі [13, 18]:

$$P_p \approx 0,6 \cdot P_x \approx 0,6 \cdot 4500 \approx 2700 \text{ Н}. \quad (3.24)$$

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

Тоді максимальне радіальне відтискання, обумовлене прогином заготовки, за (3.15) буде рівне:

$$y_n^{max} = \frac{2700 \cdot 100^2}{2 \cdot 10^5 \cdot 125600} \cdot \left(\frac{100}{3} + \frac{120}{4} \right) = 0,067 \text{ мм.}$$

Контактні зближення в спряженні затискних елементів цанги залежать від матеріалу та форми поверхонь контакту, кутів поздовжнього та поперечного впровадження, рівних кутовим зазорам при неповному контакті, нормальній сили та площі контакту [1].

Для ідеальних умов затиску приймемо що у стиках відбувається повноповерхневий контакт по усій довжині затискних поверхонь цанги подвійного затиску (рис. 3.7).

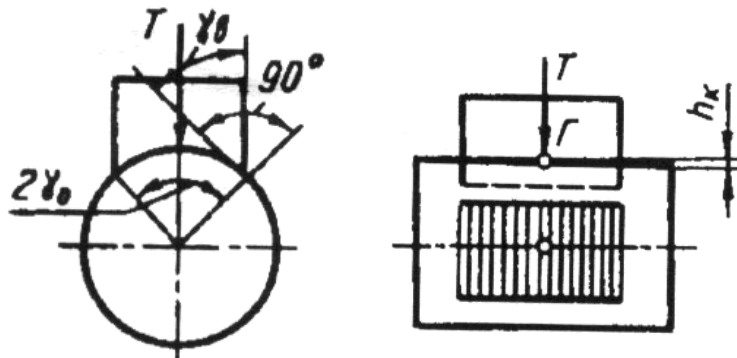


Рисунок 3.7 – Схема контактування затискних поверхонь цанги подвійного затиску з прутком

При розрахунку радіального відтискання, викликаного контактними зближеннями губок цанги та прутком y_{k2} прийнято припущення про те, що вісь заготовки у просторі не зміщується під дією рівномірно розподілених по колу сил затиску T_1 та T_2 (рис. 3.6). При цьому контактні зближення h_k^A і h_k^B пелюсток цанги з заготовкою компенсують один одного та розподілені по колу рівномірно.

Під дією сил T_1 і T_2 в опорах А і В будуть виникати пружні контактні зближення, які визначаються за залежністю [1]:

$$h_k^A = A_m \left(\frac{T_2}{F_{k2}} \right)^m, \quad (3.25)$$

$$h_k^B = A_m \left(\frac{T_1}{F_{k1}} \right)^m, \quad (3.26)$$

де A_m - коефіцієнт, що залежить від матеріалу та шорсткості поверхні;

m - показник степеня, що залежить від форми взаємодії поверхонь, які контактують;

F_{k1} , F_{k2} - номінальна площа контакту передньої і задньої поверхонь затиску цанги подвійного затиску.

У відповідності до [1] для поверхонь контакту загартована сталь – сталь нетермооброблена та повноповерхневого контакту $A_m = 0,13$. При круговій взаємодії контактуючих поверхонь $m = 0,6$ [1].

Номінальна площа контакту передньої та задньої поверхні затиску цанги подвійного затиску [1]:

$$F_{k1} = \pi d \gamma_0 b_1 / 180^\circ, \quad (3.27)$$

$$F_{k2} = \pi d \gamma_0 b_2 / 180^\circ, \quad (3.28)$$

де d - максимальний діаметр прутка;

b_1 - довжина губки передньої частини цанги подвійного затиску;

γ_0 - кут контактування в поперечному перерізі затискного елемента із прутком.

Половина кута контактування в поперечному перерізі затискного елемента із прутком визначається за залежністю [1]:

$$\gamma_0 = 180^\circ / z - \arcsin t/d, \quad (3.29)$$

де z – кількість затискних елементів чи розрізів у цанзі;

t - ширина розрізу (шліца) губки цанги.

Підставивши відповідні значення у (3.29) отримаємо:

$$\gamma_0 = \frac{180^\circ}{3} - \arcsin \frac{3}{40} = 55,7^\circ.$$

Підставивши значення у (3.27) отримаємо площу контакту передньої поверхні затиску цанги подвійного затиску :

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$F_{k1} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 55,7^\circ \cdot 4}{180^\circ} = 15,5 \text{ см}^2.$$

Підставивши значення у (3.28) отримаємо площу контакту задньої поверхні затиску цанги подвійного затиску:

$$F_{k2} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 55,7^\circ \cdot 2}{180^\circ} = 7,77 \text{ см}^2.$$

Пружні контактні зближення в задній опорі А при максимальному значенні сили затиску що діє на одну пелюстку задньої частини цанги:

$$h_k^A = 0,13 \cdot \left(\frac{1,45}{7,77} \right)^{0,6} = 0,047 \text{ мм.}$$

Пружні контактні зближення в передній опорі В при максимальному значенні сили затиску що діє на одну пелюстку передньої частини цанги:

$$h_k^B = 0,13 \cdot \left(\frac{5,74}{15,5} \right)^{0,6} = 0,071 \text{ мм.}$$

Під дією сили P_p у опорах А і В виникають сили реакцій опор R_1 та R_2 , які із силами T_1 та T_2 , змінюють величини контактних деформацій до значень рівних $h_k'^A$ і $h_k'^B$.

Під дією сил $(T_2 + R_2)$ и $(T_1 + R_1)$ в опорах А і В будуть виникати пружні контактні зближення, які визначаються за залежністю [1]:

$$h_k'^A = A_m \left(\frac{T_2 + R_2}{F_{k2}} \right)^m, \quad (3.30)$$

$$h_k'^B = A_m \left(\frac{T_1 + R_1}{F_{k1}} \right)^m. \quad (3.31)$$

Із умов рівноваги:

$$\sum M_A = P_p \cdot (l_0 + B) - R_1 \cdot B = 0, \quad (3.32)$$

$$\sum M_B = P_p \cdot l_0 - R_2 \cdot B = 0, \quad (3.33)$$

рівнодійні сил реакцій будуть рівні:

$$R_1 = \frac{P_p \cdot (l_0 + B)}{B}, \quad (3.34)$$

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

$$R_2 = \frac{P_p \cdot l_0}{B}. \quad (3.35)$$

Підставивши значення у (3.34) та (3.35) отримаємо:

$$R_1 = \frac{2700 \cdot (100 + 120)}{120} = 4950 \text{ Н} = 4,95 \text{ кН};$$

$$R_2 = \frac{2700 \cdot 100}{120} = 2250 \text{ Н} = 2,25 \text{ кН}.$$

Максимальні пружні контактні зближення в задній опорі А при максимальному значенні сили ($T_2 + R_2$):

$$h'_k{}^A = 0,13 \cdot \left(\frac{1,45 + 2,25}{7,77} \right)^{0,6} = 0,083 \text{ мм}.$$

Максимальні пружні контактні зближення в передній опорі В при максимальному значенні сили затиску що діє на одну пелюстку передньої частини цанги:

$$h'_k{}^B = 0,13 \cdot \left(\frac{5,74 + 4,95}{15,5} \right)^{0,6} = 0,1 \text{ мм}.$$

Максимальне радіальне відтискання в напрямку дії сили P_p , викликане контактними зближеннями губок цанги та прутком [1]:

$$y_{кз} = \left[(h'_k{}^A - h_k{}^A) + (h'_k{}^B - h_k{}^B) \right] \frac{l_0}{B} - (h'_k{}^B - h_k{}^B), \quad (3.36)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$y_{кз}^{max} = [(0,083 - 0,047) + (0,1 - 0,071)] \frac{100}{120} - (0,1 - 0,071) = 0,015 \text{ мм}.$$

Максимальне радіальне відтискання при затиску прутка у цанговому патроні подвійного затиску при чорновій обробці з максимальною радіальною силою різання за залежністю (3.21):

$$y_{max} = y_n^{max} + y_{кз}^{max} = 0,067 + 0,015 = 0,082 \text{ мм}.$$

3.6 Розрахунок параметрів обертового гідравлічного циліндра

Розрахункова схема для визначення параметрів обертового гідравлічного циліндра приведена на рис. 3.8.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

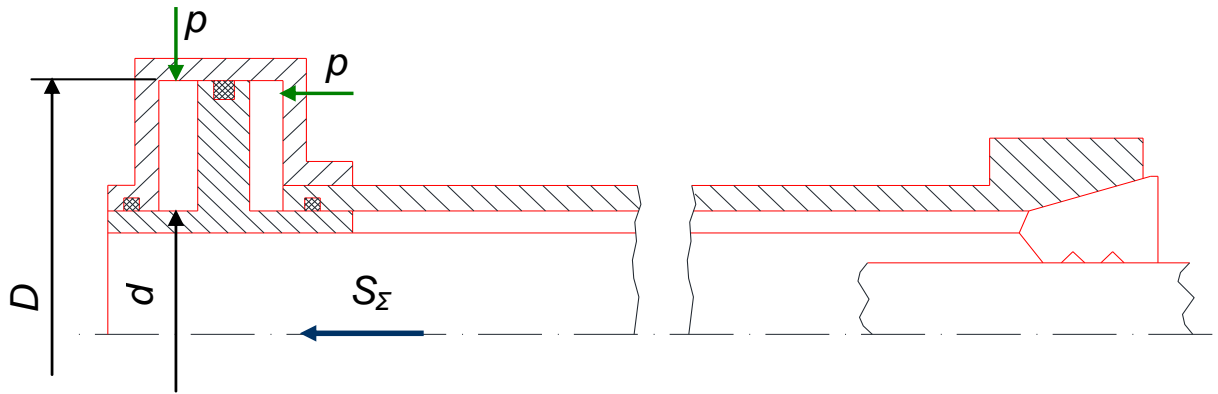


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для визначення параметрів обертового гідравлічного циліндра

Сумарна сила приводу, яка розвивається обертовим гідравлічним циліндром [22]:

$$S_{\Sigma max} = k_{mp} \cdot p \cdot A, \quad (3.37)$$

де $k_{mp} = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує втрати на тертя;

p - тиск в гідравлічній системі;

A - площа лівої і правої порожнин обертового гідравлічного циліндра.

Із залежності (3.37) площа лівої і правої порожнин обертового гідравлічного циліндра:

$$A = \frac{S_{\Sigma max}}{k_{mp} \cdot p}. \quad (3.38)$$

За паспортними даними верстату мод. 1В340Ф30 значення тиску в гідросистемі $p = 2$ МПа.

Підставивши значення у (3.38)

$$A = \frac{20000}{0,9 \cdot 2} = 11110 \text{ мм}^2.$$

Площа лівої і правої порожнин обертового гідравлічного циліндра:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (3.39)$$

де D і d - внутрішній і зовнішній діаметр поршня обертового гідравлічного циліндра.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

Із залежності (3.39) зовнішній діаметр поршня обертового гідравлічного циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi} + d^2}. \quad (3.40)$$

Виходячи із внутрішнього діаметра шпинделя та діаметра шпинделя під задньою опорою приймаємо внутрішній діаметр обертового гідравлічного циліндра $d = 80$ мм.

За залежністю (3.40) зовнішній діаметр поршня обертового гідравлічного циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1110}{3,14} + 80^2} = 143 \text{ мм.}$$

Приймаємо зовнішній діаметр поршня обертового гідравлічного циліндра $d = 150$ мм.

3.7 Гідравлічна схема приводу затиску з цанговим патроном подвійного затиску

Гідравлічна схема приводу затиску складається із двох ліній (рис. 3.9):

- лінії нагнітання, в яку входять насос Н, фільтри Ф1 та Ф2, запобіжний клапан КП2 і зворотній клапан КО;
- лінії затиску заготовок, в яку входять редукційний клапан КР, гідравлічний розподільник Р1, клапан послідовності КП1, гідроциліндр затиску Ц1 та гідроциліндр подачі прутка Ц2.

При затиску включається електромагніт Е1 і гідророзподільник Р1 встановлюється в праве по схемі положення. Поршень обертового гідроциліндра переміщається вправо та переміщає трубу затиску, яка приводить в дію цангу подвійного затиску, забезпечуючи при цьому затиск заготовки. Після повного затиску клапан послідовності КП1 пропускає масло в циліндр подачі Ц2. При цьому проходить набір прутка на відповідну довжину.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

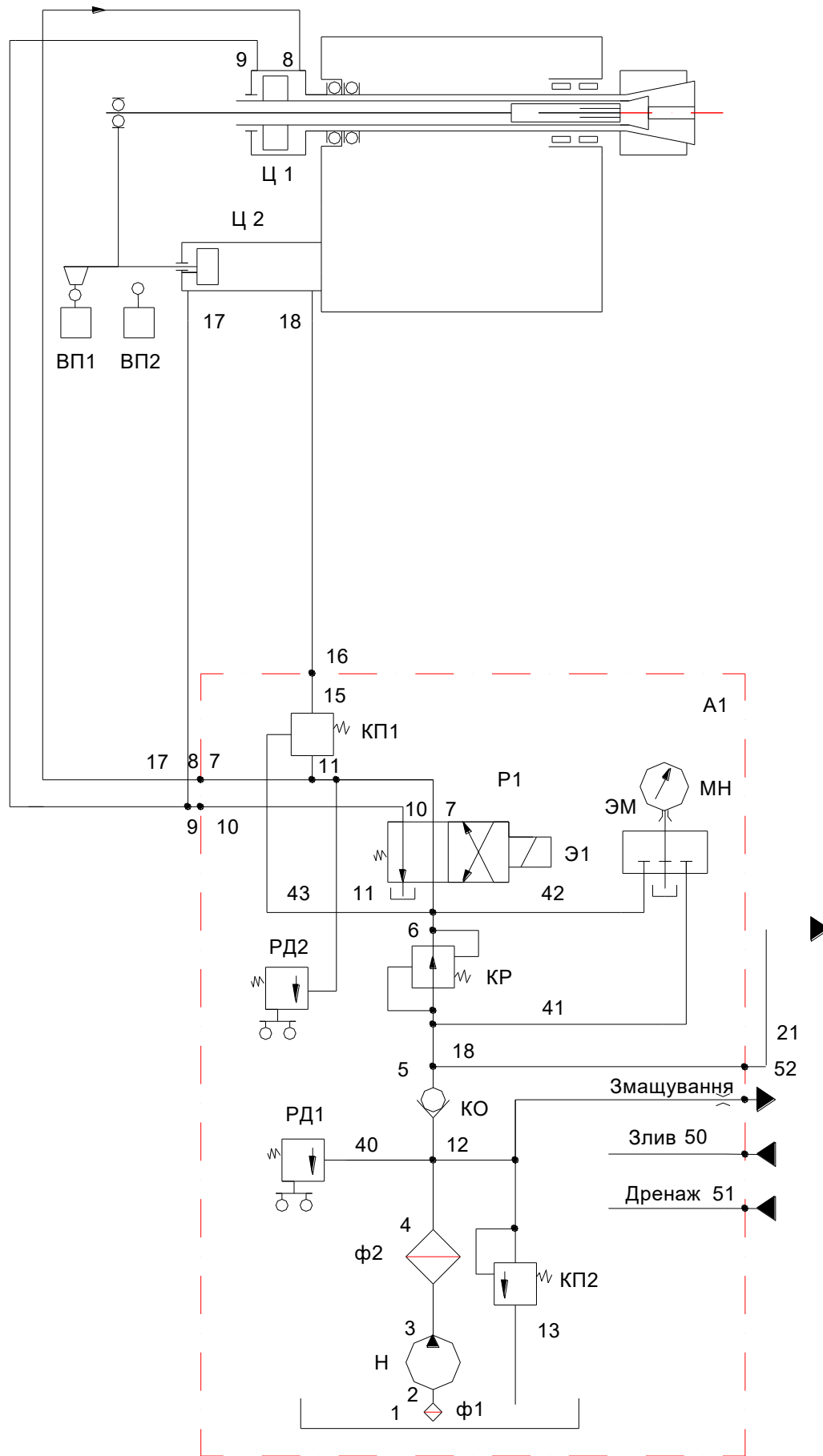


Рисунок 3.9 – Гідравлічна схема приводу затиску та подачі прутка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ

Арк.

57

При розтиску прутка гідравлічний розподільник встановлюється в ліве по схемі положення, а електромагніт Э1 знеструмлений. Масло в праву порожнину циліндра Ц1 поступає по лінії 8. Поршень переміщаючись вліво тягне трубу затиску вліво здійснюючи при цьому розтиск прутка.

Після повного розтиску клапан послідовності КП1 пропускає масло в циліндр подачі Ц2. При цьому проходить подача прутка до упору.

Клапан КП1 налаштовується так, щоб спочатку спрацював гідроциліндр Ц1, а потім – гідроциліндр Ц2. При падінні тиску масла в гідросистемі нижче 0,6 МПа спрацює реле тиску РД1, яке відключає головний привідний двигун токарно-револьверного верстата з ЧПК.

Запобіжним клапаном КП2 настраюється тиск в лінії нагнітання в межах 2...3 МПа, а редукторним клапаном КР настраюється тиск в лінії затиску, величина якого визначається зусиллям затиску прутка.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Попередження травматизму під час роботи на токарно-револьверних верстатах з ЧПК

Захист від механічних травм. Токарно-револьверні верстати з ЧПК, що мають шпиндель із затискним патроном і затиснутою в ньому заготовкою, що обертається з високою частотою, рухомий супорт, швидкість поздовжнього і поперечного переміщень якого може становити 10-15 м/хв, є джерелами підвищеної небезпеки. Тому робота на них вимагає високого професіоналізму та суворого дотримання комплексу технічних, санітарно-гігієнічних та правових заходів, спрямованих на створення безпечних та здорових умов праці [23-25].

Вимоги безпечної роботи на токарно-револьверних верстатах з ЧПК викладені у відповідних інструкціях, що є на кожному підприємстві. Без ознайомлення з такою інструкцією не можна розпочинати роботу на верстаті.

Одну з головних небезпек представляє затискний патрон із прутком, який швидко обертається. Затискні елементи, що виступають, або інші деталі пристосування при необережному наближенні до них можуть завдати серйозної травми. Особливо важкі травми виникають при захопленні заготовкою, що обертається, довгого волосся або частин одягу, зтягнутих в робочу зону верстата потоком повітря. Щоб уникнути таких нещасних випадків необхідно, приступаючи до роботи, ретельно оглянути патрони та затискні пристрої, звертаючи особливу увагу на кріплення всіх деталей у пристрої та самого пристрою на шпинделі. Пристосування не повинно мати виступаючих частин, а в разі необхідності таких потрібно убезпечити працюючого на верстаті від удару або захоплення одягу огорожею, що закриває частини, що обертаються [23-25].

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Проць М.В.					Н	59	7
Перевірів	Окпний І.Б.							
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Затв.	Крупа В.В.							
						ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		

Конструкція захисного огородження має бути ретельно продумана. Якщо огорожа ускладнює роботу на верстаті або заважає встановленню заготовки, то робітник намагатиметься працювати без огородження, порушуючи правила техніки безпеки. Широко використовуються в якості захисного огородження захисні кожухи, що закривають патрон токарно-револьверного верстата з ЧПК. При зміні заготовки кожух відкидається назад поворотом уздовж осі, паралельної осі шпинделя, рукояткою. У відкинутому положенні кожух не заважає закріпленню заготовки.

Перед початком роботи слід перевірити стан одягу, застібнути манжети рукавів та сховати волосся під головний убір [23-25].

Захист від травм стружкою. Велику небезпеку під час роботи на токарно-револьверних верстатах з ЧПК становить стружка. При обробці в'язких сталей може утворитися зливна, майже пряма з гострими краями стружка, що рухається зі швидкістю 100 м/хв і більше. Ця стружка може завдати глибоких порізів і небезпечна при спробі видалення її вручну. Спеціальне заточування інструменту зі сходиною на передній грані різця або застосування накладних стружкозавиваючих або стружколомаючих пристроїв змушує стружку звиватися в спіраль і періодично ламатися. Така стружка легко зсипається у приймач і вимагає втручання робітника для її видалення.

Одним із способів ламання стружки є періодичне короткочасне зменшення подачі супорта, внаслідок чого утворюється потоншення стружки, що сприяє її дробленню. Цей спосіб може бути здійснений при підготовці програм для токарно-револьверного верстата з ЧПК. У разі необхідності втручання робітника для видалення стружки необхідно використовувати спеціальні гачки зі щитками, що захищають руку від порізів [23-25].

Дрібно подрібнена гаряча стружка, що розлітається по боках, може завдати травми обличчя та очей. При такій обробці спеціальні окуляри повинні захищати очі, але зазвичай окуляри погіршують видимість зони різання, тому ефективніше користуватися прозорими екранами, що відкидаються, що закривають зону різання з боку оператора [23-25].

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Програмовані переміщення супортів, зміна інструменту поворотом револьверної головки здійснюються з високими швидкостями. Як правило, ці рухи починаються автоматично, несподівано для оператора, тому вони становлять велику небезпеку для робітника.

Збої в роботі системи керування верстатом або не налагоджена керуюча програма можуть призвести до раптових порушень нормального режиму обробки, наприклад до врзання різця в заготовку або патрон. Зламаний інструмент або заготовка, що вирвалася, можуть завдати важкої травми робітнику.

Щоб запобігти можливості травмування оператора робочими органами, що швидко рухаються, передбачається огорожа, що закриває робочу зону верстата і дозволяє спостерігати за процесом обробки через прозорий екран. Огорожа блокує при її переміщенні включення основних механізмів верстата, тобто не дозволяє працювати при відкритій робочій зоні верстата.

4.2 Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при роботі на токарно-револьверних верстатах з ЧПК

Для безпечної роботи та обслуговування токарно-револьверних верстатів з ЧПК кожен оператор повинен добре знати та постійно виконувати певні правила з техніки безпеки та виробничої санітарії, які визначаються цілим рядом директивних документів, у тому числі Правилами техніки безпеки та виробничої санітарії при холодній обробці металів у машинобудівній промисловості, Інструкцією про заходи при роботі з охолоджувальними маслами та рідинами та ін. [23-25] Ці правила за часом виконання можна розділити на три групи.

Перед початком роботи:

- упорядкувати свій спецодяг і волосся (застебнути всі гудзики, щільно зав'язати або застебнути рукави, волосся ретельно прибрати під головний убір і т. д.); спецодяг, спецвзуття та індивідуальні засоби захисту повинні своєчасно ремонтуватися, пратися, сушитися та знежирюватися;

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

- звільнити робоче місце від деталей, інструментів, пристроїв та інших предметів, не потрібних при даній обробці; простежити, щоб підлога біля верстата була чистою;

- перевірити наявність огорож та кришок на верстаті, справність запобіжних пристроїв, систем блокування;

- перевірити справність вузлів і механізмів верстата, натяг пасів, роботи системи змащення та охолодження, транспортера для видалення стружки, наявність гачків для видалення стружки, що застрягла;

- перевірити роботу верстата протягом кількох хвилин на холостому ході.

Під час налагодження перед пуском верстату в роботу:

- проводити установку різальних інструментів, пристосувань, а також установку та кріплення кришок, огорож і захисних пристосувань тільки при повністю відключеному верстаті після вжиття заходів, що унеможливають його мимовільне включення;

- установку та закріплення різальних інструментів та пристроїв проводити міцно, гайки затягувати ключами, що відповідають їх розмірам;

- користуватися лише справним інструментом;

- не застосовувати при налагодженні як підставки під ноги будь-які випадкові предмети (ящики тощо);

- після налагодження верстата ретельно перевірити, чи не залишилося на ньому будь-яких деталей, інструментів, пристроїв та інших предметів;

- при налагодженні подачі охолоджувальної рідини не підводити трубопровід близько до обертового затискного пристосування оброблюваної заготовки або інших частин, що обертаються;

- перевірку правильності налагодження різальних інструментів та пристроїв проводити спочатку шляхом зовнішнього огляду, потім при роботі верстата вхолосту і, в кінці, при обробці пробних заготовок;

- остерігатися виступаючих різальних інструментів, оправок та інших деталей при перемиканні револьверної головки;

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- пуск верстата після налагодження в роботу проводити тільки після встановлення та закріплення всіх огорож та захисних пристроїв;
- на робочому місці під час налагодження підтримувати встановлений порядок та чистоту.

Під час роботи токарно-револьверного верстата з ЧПК:

- правильно заправляти прутки, правильно та надійно закріплювати заготовки;
- не знімати захисні кожухи та огородження;
- видалення стружки проводити тільки спеціальними гачками;
- не класти на верстат заготовки, виготовлені деталі чи обтиральні матеріали;
- не пригальмовувати руками вимкнений шпиндель, який ще обертається;
- при будь-якій, навіть нетривалій, зупинці повністю відключити верстат;
- не проводити вимірювання деталі під час її обробки;
- підтримувати чистоту робочого місця, не захаращувати його деталями, заготовками та не створювати небезпеки падіння;
- не проводити змащування, обтирання та чищення верстата.

4.3 Пожежна безпека при обслуговуванні та ремонті токарно-револьверних верстатів з ЧПК

До факторів, що призводять до появи вогнища при обслуговуванні та ремонті токарно-револьверних верстатів з ЧПК, можна віднести: 1) порушення правил експлуатації електроустановок; 2) несправність технічних засобів захисту від статичної електрики; 3) порушення правил використання легкозаймистих рідин; 4) самозаймання ганчірки, несправності опалювальних приладів; 5) порушення правил експлуатації обладнання, що призводить до розігріву частин, що труться, за відсутності змащувального; 6) необережне поводження з вогнем [23-25].

Система заходів пожежної безпеки має бути спрямована на усунення причин, що призводять до утворення вогнищ загоряння у виробничих приміщеннях. Біля входу у виробничі приміщення вивішують таблички із зазначенням класу

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

пожежної небезпеки, у приміщеннях забороняється встановлювати системи опалення, вентиляції, освітлення, що не відповідають зазначеному класу пожежної небезпеки. Приміщення, обладнання та установки, які розміщені в них, повинні регулярно очищатися від горючих матеріалів та сторонніх предметів. Джерела штучного освітлення повинні бути розташовані так, щоб забезпечити безпечну відстань між освітлювальною арматурою і конструкціями або матеріалами, що загоряються. Виробничі приміщення обладнують вогнегасниками, ящиками з піском, пожежним інвентарем та сигналізацією [23-25].

При складуванні демонтованих вузлів не допускається захарачення проїздів, пожежних проходів та аварійних виходів (доступ до засобів первинного пожежогасіння має бути вільним). Системою ремонтів охоплюються всі діючі електроустановки, у яких систематично контролюють стан апаратури електрозахисту, надійність підключення та якість ізоляції кабелів та приводів, температуру зовнішніх поверхонь електричних машин. Електроапаратура, двигуни, розподільні пристрої та електрошафи повинні регулярно очищатися від струмопровідного пилу та стружки. Користуватися пошкодженими електророзетками, вимикачами та іншою несправною комутуючою апаратурою не допускається. Будь-які несправності електроапаратури, що ведуть до підвищеного іскріння, нагрівання, необхідно усувати. При перервах у роботі та після її закінчення електроустановки, знижувальні та розподільчі трансформатори, вимірювальну електроапаратуру, електропаяльники слід відключати від мережі. У зв'язку з тим, що електропаяльники мають високу температуру робочих частин, на робочих місцях мають бути передбачені для них термостійкі підставки.

Легкозаймісті рідини, що застосовуються при паянні (ацетон, спирт етиловий, флюси), промиванні і знежиренні деталей і вузлів, повинні зберігатися тільки в герметичній та тарі, що не б'ється. Максимальна кількість легкозаймистих рідин на робочому місці не повинна перевищувати затверджених норм зберігання. Невикористані залишки здаються до спеціальних місць зберігання. Спільне зберігання легкозаймистих рідин та речовин, змішування

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

яких може призвести до самозаймання, не допускається. Використані під час обтирання матеріали (ганчір'я, серветки) зберігають у закритій металевій тарі у спеціально відведених місцях. У міру накопичення, але не рідше одного разу на зміну, тару необхідно очищати. Промаслений спецодяг повинен зберігатися в шафах. Сушіння його на батареях опалення або біля нагрівальних приладів не допускається [23-25].

Найбільш небезпечними у пожежному відношенні є зварювальні роботи. Місце виконання зварювальних робіт повинно бути віддалене на 5 м від горючих матеріалів, робочий майданчик повинен бути очищений від сміття, обладнаний первинними засобами пожежогасіння [23-25].

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

ВИСНОВКИ

1. Приведено узагальнену структурно-функціональну схему затискного механізму токарних верстатів з ЧПК та його призначення.

2. В залежності від напрямку дії сили затиску проведено класифікацію затискних патронів для токарних верстатів з ЧПК, а також приведено класифікацію їх приводів затиску.

3. Приведено область застосування, призначення та особливості кінематики і конструкції токарно-револьверного верстату з ЧПК та його гідравлічного приводу затиску і подачі прутка.

4. Проведено аналіз конструкції цангових патронів подвійного затиску та їх переваги у порівнянні з цанговими патронами одинарного затиску. Описано конструкції обертових гідроциліндрів та їх маслопідвідних пристроїв.

5. Приведено точність розмірів і розташування поверхонь, а також якість поверхневих шарів об'єкту виробництва; визначено основні поверхні деталі та запропоновано методи обробки.

6. Запропоновано технологічний маршрут механічного оброблення об'єкту виробництва, який включає вісім операцій механічного оброблення поверхонь. Для виконання операцій технологічного процесу вибрано металообробне обладнання.

7. Розроблено токарно-револьверну операцію з ЧПК: спроектовано технологічні переходи, вибрано різальний та вимірювальний інструмент, а також розраховано режими різання.

8. Вибрано структуру приводу затиску токарно-револьверного верстату з ЧПК, що включає цанговий затискний патрон подвійного затиску розташований на передньому кінці шпинделя, та гідравлічний привід затиску, встановлений на задньому кінці шпинделя.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Проць М.В.				Висновки	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.					Н	66	2
Н. контр.	Кобельник В.Р.					ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Затв.	Крупа В.В.							

9. Вибрано принципову та конструктивну схему цангового патрона подвійного затиску натискного типу, що містить двоконусну цангу з різноспрямованими конусами та пелюстками. Вибрано основні конструктивні параметри цанги подвійного затиску.

10. На основі розрахункової схеми для визначення сил, що діють на заготовку при затиску прутка з упором, виведено залежність для визначення радіальних сил затиску передньою і задньою частиною цанги подвійного затиску.

11. З використанням пакету прикладних програм MathCAD встановлено залежність радіальних сил затиску передньою і задньою частиною цанги подвійного затиску в залежності від осьової сили приводу затиску. За результатами розрахунку при зміні осьової сили приводу затиску в діапазоні $S = 5 \dots 10$ кН радіальні сили затиску змінюються в діапазоні $T_1 = 2,18 \dots 4,36$ кН і $T_2 = 8,62 \dots 17,23$ кН. Коефіцієнт підсилення цангового патрона з подвійним затиском $K_{\text{під}} = 2,16$.

12. Визначено максимальне радіальне відтискання при затиску прутка у цанговому патроні подвійного затиску і чорновій обробці з максимальною радіальною силою різання, що включає радіальне відтискання, обумовлене прогином заготовки, та радіальне відтискання, викликане контактними зближеннями губок цанги та прутком. За результатами розрахунку воно складає 0,082 мм.

13. Здійснено вибір та розрахунок параметрів обертового гідравлічного циліндра приводу затиску з цанговим патроном подвійного затиску, а також розроблено його гідравлічну схему.

14. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов Ю.М. Затискні механізми для високопродуктивної та високоточної обробки різанням: Монографія/ Ю.М. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Ель-Дахабі. – Габрово: Університетське в-во «Васил Априлов», 2010. – 724 с.

2. Кузнецов Ю.М. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: монографія/ Ю.М. Кузнецов, Б.І. Придальний. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352 с.

3. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

4. Pingfa Feng. Berechnungsmodel zur Ermittlung von Spannkraften beim Backenfutter. Technische Universität Berlin, Diss., 2003. – 213 S.

5. Верстат токарно-револьверний з вертикальною головкою на хрестовому супорті з ЧПК підвищеної точності моделі 1В340ПФ30. Керівництво по експлуатації, 1987. – 169 с.

6. Буковський І.О. (2023) Розроблення та дослідження приводу затиску від шпинделя мехатронного модуля головного руху токарного верстата з ЧПК», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль. ELARTU: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/43345>.

7. Brecher C., Weck M. Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme 1. Maschinenarten und Anwendungsbereiche – Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2019 – 507 s.

8. Hydraulic Cylinder with Through Hole Forto-НТ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.roehm.biz/en/products/cylinders/clamping-cylinders-with-through-hole/forto-ht/> (дата звернення: 06.04.2026).

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Перелік посилань					
Розробив	Проць М.В.							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.							Н	68	3
Н. контр.	Кобельник В.Р.							ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Затв.	Крупа В.В.									

9. OPUS-H3 Open-center cylinder [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://schunk.com/de/en/workpiece-clamping-technology/lathe-chucks/clamping-cylinders/opus-h3/c/PGR_4403 (дата звернення: 06.04.2026).

10. VNK-T2 Open center rotating hydraulic cylinder [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.smwautoblok.com/wp-content/uploads/catalogs/turning/products/pdf/VNK-T2_EN.pdf (дата звернення: 06.04.2026).

11. Добрянський С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

12. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 421с.

13. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник/ Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун, Р.Я. Лещук – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

14. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Кобельник Володимир Романович; Тернопіль, 2013 – 168 с.

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

16. Метрологія [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.М. Защепкіна. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 397 с.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

17. Вимірювальний інструмент [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://siltech.com.ua/index.php/kataloh-tovariv/category/55-vimiryuvalnij-instrument> (дата звернення: 03.03.2026).

18. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні / М.П. Ревнівцев, Н.П. Паршина. – Київ: А.С.К., 2006. – 416с.

19. Крупа В.В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку – Тернопіль: ФОП Осадця, 2023. – 308 с.

20. Кузнецов Ю.М., Генетико-морфологічний підхід при синтезі цангових патронів подвійного затиску/ Ю.М. Кузнецов, Ж.-А.Х. Гера// Вісник СевНТУ. Механіка, енергетика, екологія. – 2011. – Вип. 120. – С. 106-112.

21. Dece L.S. Experimental stand for the study of the constructive-functional characteristics of self-centering mandrels with bilateral chuck collets with direct cone/ L.S. Dece, V.G. Cioata, V. Alexa, I. Kiss // ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering. – 2020 – Tome XVIII, Fascicule 3. – p. 171-174.

22. Буренніков Ю.А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи/ Ю.А. Буренніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.

23. Пістун І.П. Охорона праці в галузі машинобудування. Навчальний посібник (стереотипне видання) / І.П. Пістун, Р.Є. Стець, І.О. Трунова – Суми: Університетська книга, 2023 – 556 с.

24. Мезенцева І.О. Безпека виробничих процесів і устаткування. Частина І. Організаційні та технічні заходи безпеки трудового процесу – НТУ «ХПІ», Харків, 2022. – 246 с.

25. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.

					КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

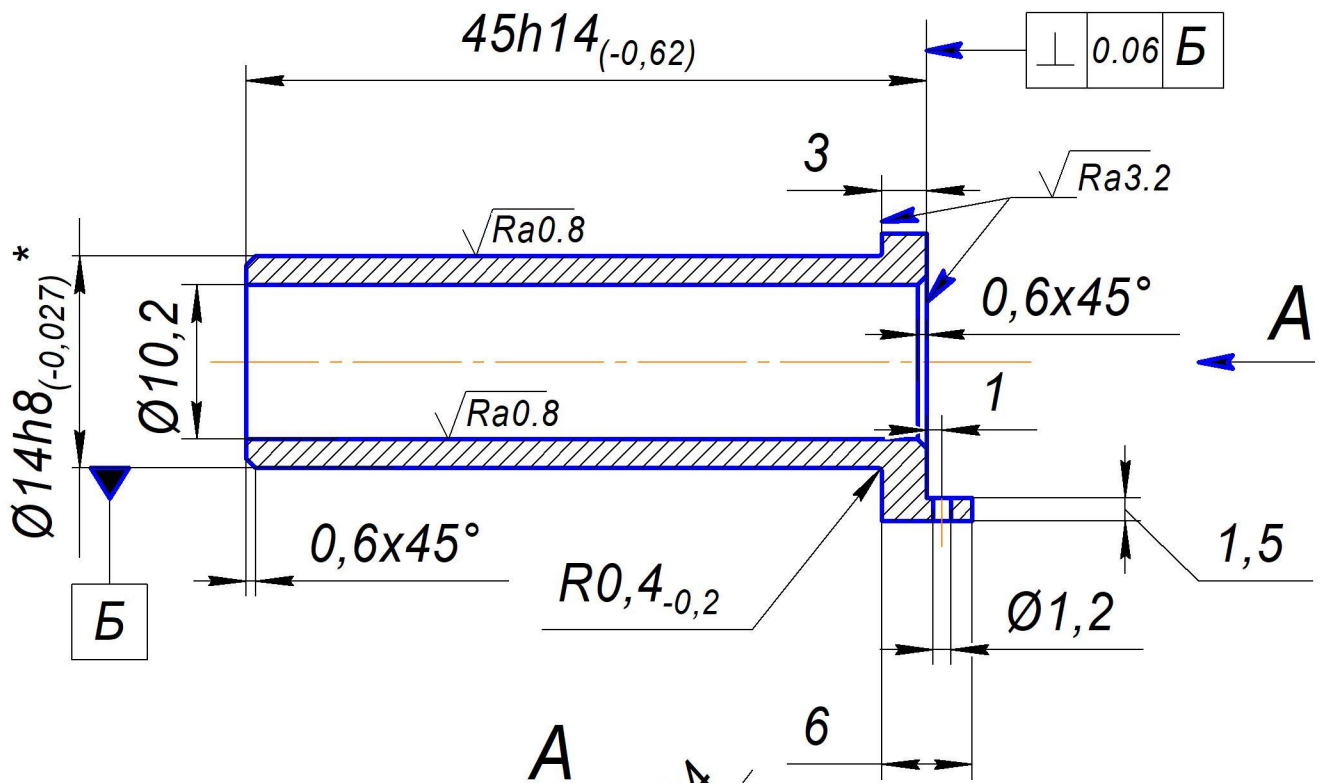
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	КРБ 22-046.00.00.000 ПЗ			
Розробив	Проць М.В.				Додатки	Лім.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Буховець В.М.					Н	71	4
Н. контр.	Кобельник В.Р.					ТНТУ ім І. Пулюя, гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Зав.	Крупа В.В.							

КРБ 22-046.00.00.000

$\sqrt{Ra6.3}$ (✓)

Перев. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Индв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Индв. № подл.

1. 255...341 НВ. Група контролю 4- по ОСТ 1 00021-78
2. Невказані граничні відхилення розмірів, форми і розміщення поверхонь-по ОСТ 1 00022-80.
3. Покриття: Ан.Окс. імп.
4. *Розмір вказаний із врахуванням покриття.

КРБ 22-046.00.00.000

Втулка

ВТ-6 ОСТ 19173-75

Лист.	Масса	Масштаб
	0,18	2:1
Лист		Листов 1
ТНТУ ім. І.Пулюя гр. МВ-41 м. Тернопіль		

