

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи
для освітнього ступеня «МАГІСТР»
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
на тему:

**Розробка технології обробки втулки з проведенням
структурного аналізу двозахватних конструкцій
промислових роботів**

**Development of a bushing processing technology with
structural analysis of two-gripper structures of industrial
robots**

Виконавець: ст. гр. ПМ-23М-3
_____ Станіслав МАНЯКІН

Керівник: к.т.н., доцент
_____ Віталій МАЖАРА

Рецензент: к.т.н., доцент
_____ Олег БЕВЗ

Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

Центральноукраїнський національний технічний університет

СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ»

Освітній ступінь МАГІСТР

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 131 «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Андрій ГРЕЧКА

“ ”

2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Манякіну Станіславу Павловичу

(ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи: «Розробка технології обробки втулки з проведенням структурного аналізу двозахватних конструкцій промислових роботів»
«Development of a bushing processing technology with structural analysis of two-gripper structures of industrial robots»

керівник роботи: к.т.н., доц. Мажара Віталій Анатолійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 2024 року №

2. Строк подання роботи 10.12.2024 року

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Креслення деталі втулка

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі

3.3. Річна програма випуску насосів горизонтальних ДЗ20-50

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

1 Загальна частина

2 Технологічна частина

3 Конструкторська частина

4 Дослідна частина

5 Економічна частина

5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., доц. Журило І.В.		

6. Дата видачі завдання _____ 02.09.2024 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальна частина	20.09.2024р.	
2	Технологічна частина	06.10.2024р.	
3	Конструкторська частина	15.11.2024р.	
4	Дослідна частина	01.12.2024р.	
5	Економічна частина	10.12.2024р.	
6	Розробка графічного матеріалу	10.12.2024р.	

Здобувач вищої освіти _____ Станіслав МАНЯКІН

Керівник роботи _____ Віталій МАЖАРА

АНОТАЦІЯ

на випускню роботу здобувача гр. ПМ(ТМ)-23М-3

Манякіна Станіслава Павловича

Випускна робота на тему: “Розробка технології обробки втулки з проведенням структурного аналізу двозахватних конструкцій промислових роботів” містить 81 сторінку та 8 плакатів графічного матеріалу.

У роботі виконаний аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу механічної обробки втулка 0603.22.016, визначені його недоліки та розроблені рекомендації по модернізації.

Проведені аналіз точності та технологічності деталі, обґрунтування методів виготовлення заготовки та виконана розробка структури, змісту та керуючих програм на операціях, де використовуються верстати з ЧПК. Усі прийняті в роботі технічні та технологічні рішення підтверджуються необхідними розрахунками, наведені розрахунки припусків, режимів різання, технічно-обґрунтованих норм часу. Розроблені і розраховані затискний та контрольний пристрої.

Дослідна частина присвячена структурному аналізу двозахватних конструкцій промислових роботів. Так розроблено методику кінематичного структурного аналізу та синтезу ДПР з різною кількістю ступенів рухомості та різним їх розподілом на окремі кінематичні групи, в залежності від їх функціонального призначення та приналежності до тієї чи іншої частини пристрою. Для дослідження узагальненої будови та функціонування двозахватних пристроїв розроблено метод конструктивно – кінематичної структури, де у вигляді формул записуються конструктивні і кінематичні складові пристроїв, що дає змогу детально враховувати всі основні ознаки пристроїв, які досліджуються. Розроблено теоретичні основи визначення загальної кількості можливих варіантів двозахватних пристроїв з різною кількістю ланок і кінематичних пар та умов їх з’єднання в завершену конструкцію.

ANNOTATION

on the graduation work of the applicant of the gr. PM(TM)-23M-3

Maniakin Stanislav Pavlovich

The graduation work on the topic “Development of a bushing processing technology with structural analysis of two-gripper structures of industrial robots” contains 81 pages and 8 posters of graphic material.

The work analyzes the technological process of machining bushing 0603.22.016 operating at the base enterprise, identifies its shortcomings and develops recommendations for modernization.

We analyzed the accuracy and manufacturability of the part, substantiated the methods of manufacturing the workpiece, and developed the structure, content, and control programs for operations where CNC machines are used. All technical and technological decisions made in the work are supported by the necessary calculations, and the calculations of allowances, cutting modes, and technically sound time standards are presented. The clamping and control devices were designed and calculated.

The research work is devoted to the structural analysis of two-gripper structures of industrial robots. Thus, a methodology for kinematic structural analysis and synthesis of DGDs with a different number of degrees of mobility and their different division into separate kinematic groups, depending on their functional purpose and belonging to a particular part of the device, has been developed. To study the generalized structure and functioning of two-gripper devices, a method of structural and kinematic structure has been developed, where the structural and kinematic components of the devices are written in the form of formulas, which makes it possible to take into account in detail all the main features of the devices under study. The theoretical foundations for determining the total number of possible variants of two-gripper devices with different numbers of links and kinematic pairs and the conditions for their connection into a complete structure have been developed.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Загальна частина	
1.1 Характеристика вузла та деталі, які обрані для проектування	9
1.2 Характеристика виробничої програми	11
1.3 Визначення типу виробництва	11
2 Технологічна частина	
2.1 Аналіз точності та технологічності деталі	13
2.2 Аналіз діючих технологічних процесів	14
2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання	16
2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей	17
2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталі	18
2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій	19
2.7 Вибір затискних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту	21
2.8 Визначення припусків та операційних розмірів деталі	24
2.11 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій	24
3 Конструкторська частина	
3.1 Розробка конструкції затискного пристрою	28
3.2 Розрахунок спеціальної дискової тристоронньої фрези	32
4 Дослідна частина	
4.1 Вступ	35
4.2 Методика структурного аналізу та синтезу виконання ДПР	36
4.3 Кінематична структура двозахватних промислових роботів	37
4.4 Конструктивна структура двозахватних пристроїв	40
4.5 Конструктивно-кінематична структура двозахватних пристроїв	46

4.6 Теоретичні основи аналізу двозахватних пристроїв робіт	51
4.7 Структурний аналіз доцільних варіантів двозахватних пристроїв	60
4.8 Висновки	70

5 Економічна частина

Аналіз варіантів технологічного процесу	71
---	----

Висновки	78
-----------------	----

Література	79
-------------------	----

ВСТУП

Модернізація дозволяє підприємству протягом дуже короткого часу переоснастити власне виробництво високоефективним спеціалізованим обладнанням, та використовуючи при цьому вже наявні ресурси. Це забезпечує відносно малі втрати з економічної точки зору й скорочує час на перехід на випуск нових продуктів.

У таких умовах на сьогодні перебуває завод «Цукрогідромаш», що, досліджуючи нові ринки збуту своєї продукції, зіштовхнулася з необхідністю її модифікації. Це включає в себе зняття з виробництва товарів, які не користуються попитом, та їх заміну новими виробами. Також виникає проблема ефективного використання великої кількості металообробного обладнання, що потребує адаптації для виготовлення нової продукції. Відтак, модернізація існуючого обладнання, впровадження роботизованих комплексів, застосування промислових роботів та створення нових технологічних можливостей на базі виведених з експлуатації верстатів є надзвичайно актуальною технічною задачею.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика вузла та деталі, які обрані для проектування

Втулка 0603.22.016 входять до складу насосу горизонтального Д320-50.

Горизонтальні електронасосні агрегати (рис. 1.1) з відцентровим одноступінчатим насосом з робочим колесом двостороннього входу використовуються для перекачування води і схожих з нею по в'язкості і хімічної активності рідин, температурою до $+85^{\circ}\text{C}$, що містять тверді включення до 0,05% по масі, розміром до 0,2 мм.



Рисунок 1.1 – Насос горизонтальний Д320-50

Горизонтальні насоси типу Д мають достатньо високий ККД і добру всмоктуючу здатність. Насос типу Д – відцентровий, горизонтальний, одноступінчатий з двостороннім полуспіральним підведенням рідини до робочого колеса і спіральним відводом. Горизонтальні насоси мають роз'єм в горизонтальній площині. Всмоктуючий і напірний патрубки виконані в нижній частині корпусу, що дозволяє проводити розбирання насоса для заміни деталей ротора без від'єднання трубопроводу і демонтажу двигуна. Ротор насоса приводиться в обертання електродвигуном через пружну втулочно-пальцеву

муфту. В даних насосах опорами ротора служать радіальні або радіально-упорні підшипники. Робоче колесо двостороннього входу, що дозволяє зрівноважити осьові сили. Для запобігання втраті рідини по валу застосовуються подвійні сальникові ущільнення.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики насосів Д320-50

Подача, м ³ /год	320
Напор, м	50
Частота обертання об/хв	1450
Потужність електродвигуна, кВт	75
Маса насоса, кг	300

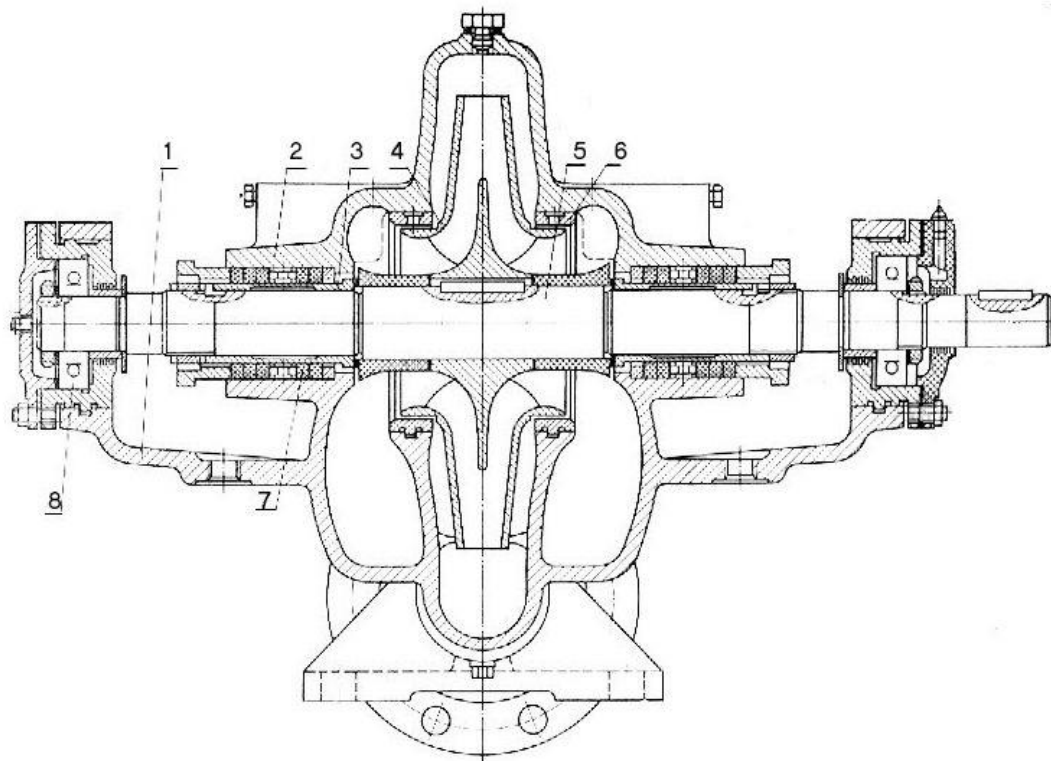


Рисунок 1.2 – Переріз насосу Д320-50

Для забезпечення герметичності насосу використовується кришка 0603.17.112 поз. 2. Вона з'єднується з корпусом за допомогою 18 отворів на фланці. Її орієнтація відносно корпусу відбувається за допомогою 4 штифтів.

1.2 Характеристика виробничої програми

Виробнича програма механічного чи механоскладального цеху визначається по номенклатурі, масі деталей, які обробляються і називається програмою випуску деталей та вузлів.

Програма випуску горизонтальних насосів становить 500 штук на рік. До складу насосу горизонтального входить по дві деталі втулка 0603.22.016, то програма випуску таких деталей становитиме 1000 штук.

Характеристика виробничої програми проектного цеха приведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Річна програма цеху

Назва виробу	Маса одного виробу	Річна програма випуску	
		штук	кг
Кришка 0603.17.112	54	500	27000

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва розраховуємо за допомогою відповідного програмного забезпечення. Результати визначення типу виробництва приведені нижче.

Розрахунок типу виробництва

Розрахунок типу виробництва

Втулка 0603.22.016

Вихідні дані

Програма випуску 1000

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	3977	5.1790
10	3977	1.2500
15	3977	1.2350

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.0326	1	24.57
10	0.0079	1	101.81
15	0.0078	1	103.05

Коефіцієнт закріплення операцій 39.47736

Тип виробництва - дрібносерійний

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності та технологічності деталі

Втулка 0603.22.016 виготовляється з сірого чавуну СЧ20 за ГОСТ 1412-79. Високі вимоги, щодо точності і якості поверхонь в даній деталі пред'являються до найбільш відповідних по службовому призначенню поверхонь – центрального отвору $\varnothing 39H9^{(+0,062)}$ та зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50h8_{(-0,039)}$. Ці поверхні визначають положення деталі у вузлі. До зовнішньої поверхні $\varnothing 50h8$ висунуто вимогу щодо радіального биття відносно внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 39H9$ $\left[\begin{array}{c} \nearrow \\ 0,06 \\ A \end{array} \right]$.

З точки зору механічної обробки нетехнологічних елементів деталей не має і в цілому деталь є технологічною.

З проведеного аналізу креслення деталі можна зробити висновок, що постановка розмірів на кресленні виконана коректно, технологічних вимог задано достатньо, класи точності, шорсткість та допуски обумовлені службовим призначенням деталі.

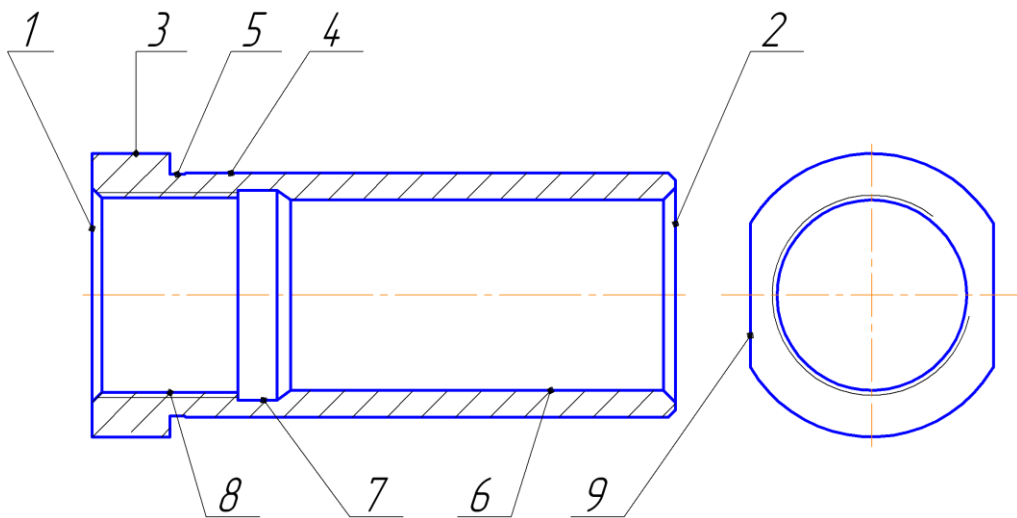


Рисунок 2.1 – Поверхні, що обробляються в деталі втулка

З метою систематизації параметрів точності оброблюваних поверхонь, зводимо їх до таблиці 2.1. Оброблювані поверхні втулки позначені та пронумеровані на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри точності деталі втулка

№	Найменування поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет	Точність відносних поворотів	Точність форми	R _a
1	2	3	4	5	6	7
1, 2	Торці	120 _{-0,54}	h13	-	-	6,3
3	Зовнішня циліндрична	Ø58 _{-0,3}	h12	-	-	6,3
4	Зовнішня циліндрична	Ø50 _{-0,039}	h8		-	1,25
5	Канавка	Ø49 _{-0,3}	h12	-	-	6,3
6	Внутрішня циліндрична	Ø39 ^{+0,062}	H9	-	-	2,5
7	Канавка	Ø49 ^{+0,3}	H12	-	-	6,3
8	Різева поверхня	M42x2	7H	-	-	3,2
9	Лиски	50 _{-0,16}	h11	-	-	6,3

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів

Технологічний процес механічної обробки кришки складається з 12 основних операцій. Позитивною ознакою діючого технологічного процесу є то, що встановлена послідовність технологічних операцій дозволяє отримати точність та якість поверхонь що задані кресленням деталі.

Характерним для даного технологічного процесу є досить висока ступінь диференціації операцій, зокрема використовуються вертикально- та горизонтально-фрезерних верстатів, шести вертикально-свердильних верстатів та двох алмазно-розточних.

Базовий технологічний процес обробки кришки наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Базовий технологічний процес обробки кришки

№ операції	Найменування операції та її зміст	Обладнання	T _{шт} , хв
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна Фрезерувати площину роз'єму	6P12	10,24
010	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати три площини одночасно	6H82	1,823
015	Вертикально-свердлильна Свердлити 18 отворів Ø18 мм	2H135	4,052
020	Вертикально-свердлильна Цекувати 18 отворів Ø 32 мм	2H135	3,256
025	Вертикально-свердлильна Свердлити 4 отвори під різь М12	2H135	2,198
030	Вертикально-свердлильна Нарізати різь М12 в 4 отворах	2H135	2,365
035	Вертикально-свердлильна Свердлити 3 отвори під різь М10	2H135	1,856
040	Горизонтально-фрезерна Розточити отвори Ø60 та Ø80 начорно	6P82Г	0,994
045	Горизонтально-фрезерна Розточити отвір Ø175 начорно	6P82Г	0,929
050	Вертикально-свердлильна Нарізати різь М10 в 3 отворах	2H135	1,569
055	Алмазно-розточна Розточити отвір Ø80 начисто	2712А	1,283
060	Алмазно-розточна Розточити отвір Ø175 начисто	OC4056	2,343

Заготовкою для кришки, є виливок, що забезпечує мінімальні відходи в стружку, отже метод отримання заготовки відповідає даному типу виробництва.

Недоліком діючого технологічного процесу є використання великої кількості універсальних верстатів. При проектуванні нового технологічного процесу пропонуємо замінити усі свердлильні та горизонтально-фрезерну операції на одну – фрезерну з ЧПК, і вести обробку деталі з використанням поворотного столу. Використання даного верстату дозволить підвищити продуктивність обробки кришки, за рахунок можливості працювати на значно вищих швидкостях різання.

2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання

Деталь кришка виготовляються з сірого чавуну СЧ20.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад та механічні властивості

Марка матеріалу	Хімічний склад , %					Механічні властивості		
	C	Cr	Mn	Si	P	σ_b , МПа	δ , %	НВ
СЧ 20	3,3 - 3,5	0,02 - 0,08	0,1 - 1,0	1,8 - 2,9	до 0,02	200	9	170

Враховуючи матеріал деталі та їх конфігурацію, в якості заготовки приймаємо виливок. Креслення заготовки втулки винесено у графічну частину роботи.

2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталі

Для зручності сприйняття зведемо можливі методи обробки поверхонь втулки до таблиці.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь втулки

№ пов	Допуск на поверхню δ_d , мм	Допуск на заготовку δ_z , мм	Загальне уточнення, E_z	Шорсткість поверхні, мкм	Можливі варіанти маршрутів обробки		Допуск на методи обробки	Уточнення по кожному переходу
					№	Зміст маршруту		
1, 2	0,54	0,8	1,48	6,3	1	Точіння одноразове	0,54	1,48
3	0,3	0,8	2,67	6,3	1	Точіння одноразове	0,3	2,67
4	0,039	0,8	20,5	1,25	1	Точіння чорнове	0,3	2,67
						Точіння чистове	0,12	2,5
						Шліфування	0,039	3,08
5	0,3	-	-	6,3	1	Точіння канавки	0,3	-
6	0,062	1,0	16,13	2,5	1	Розточування чорнове	0,16	6,25
						Розточування чистове	0,062	2,58
7	0,3	-	-	6,3	1	Точіння канавки	0,3	-
8	0,12	-	-	3,2	1	Розточування	0,16	-
						Нарізання різі	0,12	1,33
9	0,16	-	-	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,16	-

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки втулки 0603.22.016:

005 Токарна з ЧПК

Верстат – двошпиндельний токарний оброблюючий центр з ЧПК Monforts DNC 500

1. Встановити деталь;
2. Точити торець деталі;
3. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 52,5$ начорно;
4. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 50,5$ начисто;
5. Точити канавку;
6. Перевстановити деталь;
7. Точити торець;
8. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 58$ мм;
9. Розточити отвір $\varnothing 39$ напроход;
10. Точити канавку;
11. Розточити отвір $\varnothing 40$ начисто;
12. Нарізати різь М42;
13. Зняти деталь.

010 Горизонтально-фрезерна

Верстат – горизонтально-фрезерний 6Т82

1. Встановити деталь;
2. Фрезерувати дві лиски;
3. Зняти деталь.

015 Термічна

020 Круглошліфувальна

Верстат – круглошліфувальний 3А151

1. Встановити деталь;
2. Шліфувати шийку;
3. Зняти деталь.

025 Слюсарна

Верстак слюсарний

1. Спиляти завусенці.

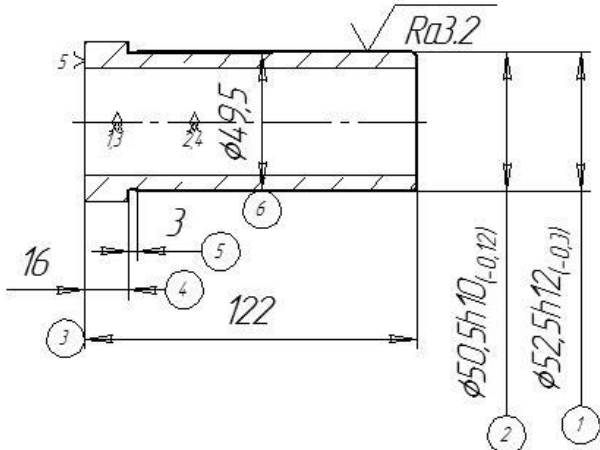
030 Контрольна

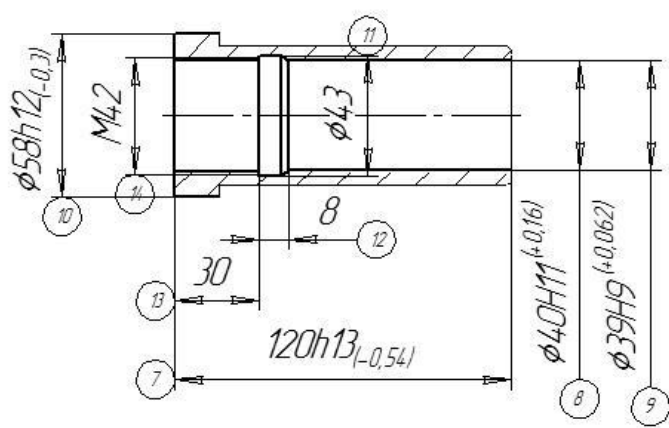
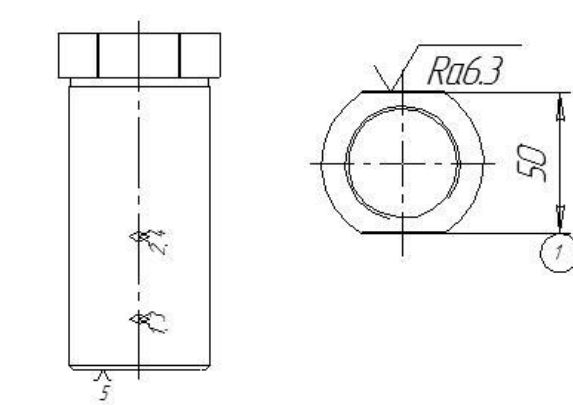
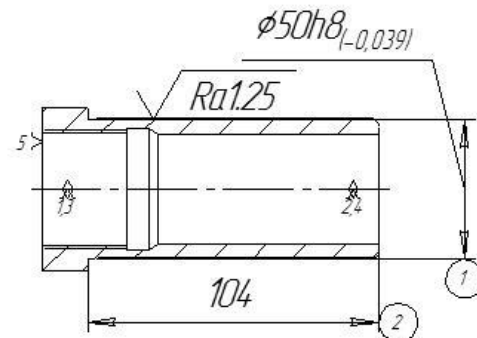
1. Контролювати розміри.

2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Розробимо структуру та зміст операцій техпроцесу маточини і наведемо дані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Маршрут обробки втулки захисної 0603.22.016

№ та найменування операції	Модель верстату	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПК	Токарний двошпindelний обробний центр з ЧПК Monforts DNC500		1. Встановити деталь 2.Точити торець, витримавши розмір 3. 3.Точити шийку начорно, витримавши розміри 1, 4. 4.Точити шийку начисто, витримавши розміри 2, 4. 5.Точити канавку, витримавши розміри 4, 5, 6. 6.Перевстановити деталь.

1	2	3	4
		 Technical drawing of a shaft assembly. The shaft has a total length of 120h13_(-0,54). It features a central hole with diameter $\phi 43$ and a smaller hole with diameter $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$. The shaft is mounted on a housing with a bore diameter of $\phi 58h12(-0,3)$. The housing has a length of 142 and a bore diameter of $\phi 39H9(+0,062/-0,039)$. The shaft has a diameter of $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$ at the end. Callouts 7-13 indicate specific features and dimensions.	7.Точити торець, витримавши розмір 7. 8.Точити зовнішню поверхню, витримавши розмір 10. 9.Розточити отвір напроход, витримавши розмір 9. 10.Точити канавку, витримавши розміри 11, 12, 13. 11.Розточити отвір, витримавши розмір 8. 12. Нарізати різь, витримавши розмір 14. 13. Зняти деталь
010 Горизонтально фрезерна	Горизонтально фрезерний 6T82	 Technical drawing of a shaft assembly. The shaft has a diameter of $\phi 50h8(-0,039)$ and a length of 104. It features a central hole with diameter $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$. The shaft is mounted on a housing with a bore diameter of $\phi 58h12(-0,3)$. The housing has a length of 142 and a bore diameter of $\phi 39H9(+0,062/-0,039)$. The shaft has a diameter of $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$ at the end. Callouts 1-3 indicate specific features and dimensions.	1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати одночасно дві лиски, витримавши розмір 1. 3. Зняти деталь.
020 Кругло шліфувальна	Круглошліфувальний 3A151	 Technical drawing of a shaft assembly. The shaft has a diameter of $\phi 50h8(-0,039)$ and a length of 104. It features a central hole with diameter $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$. The shaft is mounted on a housing with a bore diameter of $\phi 58h12(-0,3)$. The housing has a length of 142 and a bore diameter of $\phi 39H9(+0,062/-0,039)$. The shaft has a diameter of $\phi 40H11(+0,16/-0,062)$ at the end. Callouts 1-3 indicate specific features and dimensions.	1. Встановити деталь. 2. Шліфувати шийку, витримавши розміри 1, 2. 3. Зняти деталь

Таблиця 2.6 – Металорізальні верстати для обробки втулки

№ опер.	Верстат	Діапазон частот обертання шпинделя	Діапазон подач	Габаритні розміри, мм довжина х ширина х висота	Маса верстату, т	Потужність двигуна, кВт
005	Токарний з ЧПК Monforts DNC 500	32-4000	б/с	5130x2400x1820	14,5	30
010	Горизонтально фрезерний 6T82	63–3150	40-2000	2060x1530x2300	4,2	5,0
020	Круглошліфувальний 3A151	50-500	0,02-1,2	3400x1800x2170	4,5	5,5

2.7 Вибір затискних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту

Після вибору обладнання, необхідно наступним етапом встановити, які затискні пристрої у відповідності з операційними ескізами необхідні для виконання операцій, згідно прийнятого техпроцесу механічної обробки деталі втулка 0603.22.016.

Таблиця 2.7 – Затискні пристрої для обробки деталі

№ операції	Найменування пристосування	Стандарт (код)	Вид приводу
005	Патрон VITAGANA B-210	-	Гідравлічний
010	Пристрій фрезерний	0603-1285	Пневматичний
020	Поводок	13038-83	-
	Центр упорний	13214:2008	Гідравлічний
	Центр обертовий	8742-75	-

Ріжучий інструмент на операціях обираємо з урахуванням обраного верстату, поверхні яка обробляється, методу та стадії обробки. На операціях, де обробка ведеться на оброблюючих центрах HAAS та Monforts використовуємо ріжучий інструмент фірми Iscar.

Таблиця 2.8 – Ріжучий інструмент для механічної обробки маточини

№ опер	№ пер.	Назва інструменту	Стандарт (код)	Ріжуча частина	
				Матеріал	ГОСТ
005	2, 3, 4	Різець контурний: державка пластина	MULNR2525M15 WNMG08...WG	- IC 9015	- DIN/ISO513
	5	Різець канавочний: державка пластина	MAHR 25 GIG 1.50-0.10	- IC 908	- DIN/ISO513
	8	Різець контурний: державка пластина	MULNR2525M15 WNMG08...WG	- IC 9015	- DIN/ISO513
	9	Головка розточна пластина	BNR MB50x100 CCMT 09T304	- IC 9025	- DIN/ISO513
	10	Різець розточний	PICCO R 050.3-16	IC 228	DIN/ISO513
	11	Головка розточна Пластина	BNR MB32x63 CCMT 09T304	- IC 9025	- DIN/ISO513
	12	Різець різнарізний: державка пластина	SIR 0020 S16C WPEB 060400	- IC 250	- DIN/ISO513
010	2	Фреза дискова	28527-90	BK8	3882-74
020	2	Круг шліфувальний ПП60x50x305	2424-83	24A25PC2 CT16K8	-

Засоби технічного контролю технічних операцій обираємо з урахуванням точності вимірювання, розміру, якості вимірювальної поверхні.

Таблиця 2.9 – Вимірювальний інструмент для контролю втулки

№ опер	№ пер.	Параметр деталі, що контролюється	Найменування інструменту	Стандарт (код)
005	5	Діаметр шийки 50,5 _{-0,12}	Калібр-скоба 50,5 _{-0,12}	18360-93
		Лінійні розміри	Штангенциркуль	166-80
	7	Лінійний розмір 120 _{-0,54}	Шаблон 120 _{-0,54}	0603-5669
	8	Діаметр шийки 58 _{-0,3}	Калібр-скоба 58 _{-0,3}	18360-93
	11	Діаметр отвору 40 ^{+0,16}	Калібр-пробка 40 ^{+0,16}	14810-69
	12	Різь М42	Пробка різьова М42	17761-72
010	2	Лінійний розмір 50 _{-0,16}	Калібр-скоба 50 _{-0,16}	18360-93
020	2	Діаметр шийки 50 _{-0,039}	Калібр-скоба 50 _{-0,039}	18360-93

2.8 Визначення припусків та операційних розмірів деталі

Припуски визначаємо по нормативним даним і заносимо їх до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Припуски на обробку втулки

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ (мм)	Технологічний допуск, мм
1, 2	Торці	Точіння одноразове	2,0	0,54
3	Шийка	Точіння одноразове	2,0	0,3
4	Зовнішня поверхня	Точіння чорнове	2,0	0,3
		Точіння чистове	1,0	0,12
		Шліфування	0,25	0,039
5	Канавка	Точіння канавки	3,0	0,3
6	Внутрішня поверхня	Розточуван. чорнове	2,0	0,16
		Розточуван. чистове	0,5	0,062
7	Канавка	Точіння канавки	8,0	0,3
8	Внутрішня поверхня з різью	Розточування	2,0	0,16
		Нарізання різі	0,5	0,12
9	Лиски	Лиски	8,0	0,16

2.9 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій

Розрахунково-аналітичним методом визначимо режимів різання на операцію 010 горизонтально-фрезерну при обробці деталі втулка 0603.22.016. Верстат горизонтально – фрезерний моделі 6Т82. Матеріал деталі – сірий чавун СЧ20. Обробка ведеться парою дискових фрез $\varnothing 120$ мм $Z=22$. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав ВК8.

Визначення глибини різання: $t = 15$ мм,

Ширина фрезерування: $B = 4$ мм,

Вибір подачі: подача на зуб $S_z = 0,06$ мм/зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v} \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

де C_v - стала у формулі швидкості різання; T - стійкість інструменту; m , x_v , y_v , q_v , u , p - показники ступеню у формулі швидкості різання; K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv},$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 1,15$$

$$V = \frac{85 \cdot 120^{0,2}}{180^{0,15} \cdot 15^{0,5} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 4^{0,1} \cdot 22^{0,1}} \cdot 1,15 = 60,2 \text{ м/хв.}$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 60,2}{3,14 \cdot 120} = 159,8 \text{ об/хв,}$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо найближче менше значення $n_{пр} = 126$ об/хв.

Хвилинна подача визначається за формулою: $S_{хв} = S_z \cdot Z \cdot n$;

де Z – кількість зубців фрези; n – частота обертання фрези,

$$S_{хв} = 0,06 \cdot 22 \cdot 126 = 166 \text{ мм/хв,}$$

Визначення фактичної швидкості різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 126}{1000} = 47,5 \text{ м/хв.}$$

Визначення потужності, яка необхідна для різання:

Визначимо силу різання

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp};$$

де: $C_p=58$; $x=0.9$; $y=0.8$; $u=1$; $q=0.9$; $w=0$

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{170}{190} \right)^{1,0} = 0.89;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 58 \cdot 15^{0.9} \cdot 0.06^{0.8} \cdot 4^1 \cdot 22}{120^{0.9} \cdot 126^0} \cdot 0.89 = 766H;$$

Визначимо крутний момент на шпинделі:

$$M_{kp} = 2 \cdot \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = 2 \cdot \frac{766 \cdot 0,120}{2 \cdot 100} = 0,92H \cdot m;$$

Потужність різання:

$$N_e = 2 \cdot \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = 2 \cdot \frac{766 \cdot 47,5}{60 \cdot 1020} = 1,19кВт;$$

Виконуємо перевірку по потужності приводу верстату:

$$N_e \leq N_{дв} \cdot \eta;$$

$$1,19 \leq 5 \cdot 0.85;$$

$$1,19 < 4.25;$$

Процес різання буде здійснюватися

Основний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{xe}} = \frac{35}{166} = 0,21хв.$$

На решту операцій режими різання визначаємо за нормативними даними.

Визначені величини елементів режимів різання заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Таблиця режимів різання на операції механічної обробки

Номер		L _{р.х.} , мм	t, мм	S, мм/об (мм/хв)	V, м/хв	n, об/хв	t _о , хв
операції	переходу						
005	2	2,0	1	0,25	125,6	800	10
	3	2,0	1	0,25	125,6	800	110
	4	1,0	1	0,2	157	1000	110
	5	3,0	1	0,1	78,5	500	5
	7	2,0	1	0,25	145,7	800	12
	8	2,0	1	0,25	145,7	800	18
	9	2,0	1	0,2	100,5	800	125
	10	8,0	1	0,1	67,5	500	10
	11	0,5	1	0,15	125,6	1000	85
	12	0,5	3	1,5	19,8	150	33
010	2	15	1	166	47,5	126	35
020	2	0,25	1	0,2	125	1200	100

Таблиця 2.12 – Технічне нормування операцій механічної обробки деталі

№ операції	t _о , хв	t _д , хв	t _{т.о.} , хв	t _{о.о.} , хв	t _{відп.} , хв	t _{шт.} , хв	T _{п.з.} , хв	t _{шт.к.} , хв
005	3,68	1,16	7%			5,179	22	5,399
010	0,21	0,95	8%			1,25	23	1,48
020	0,42	0,74	6.5%			1,235	14	1,375

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка конструкції затискного пристрою

3.1.1 Принцип роботи затискного пристрою

Розроблений затискний пристрій використовується при обробці деталі втулка 0603.22.016 на 010 – горизонтально-фрезерній операції. Обробка ведеться на горизонтально – фрезерному верстаті 6Т82, затискний пристрій встановлюється на столі верстату.

Складальне креслення представлено в графічній частині роботи. У пояснювальній записці спрощено зобразимо зазначений пристрій на рис. 3.1.

Затискний пристрій складається з таких основних частин (рис. 3.1): 1 – основа, 2 – призма ліва, 3 – призма права, 4 – призми середні, 5 – напрямна, 6 – стійка напрямна, 7 – штовхач, 8 – пневмоциліндр, 9 – клин, 10 – пружина.

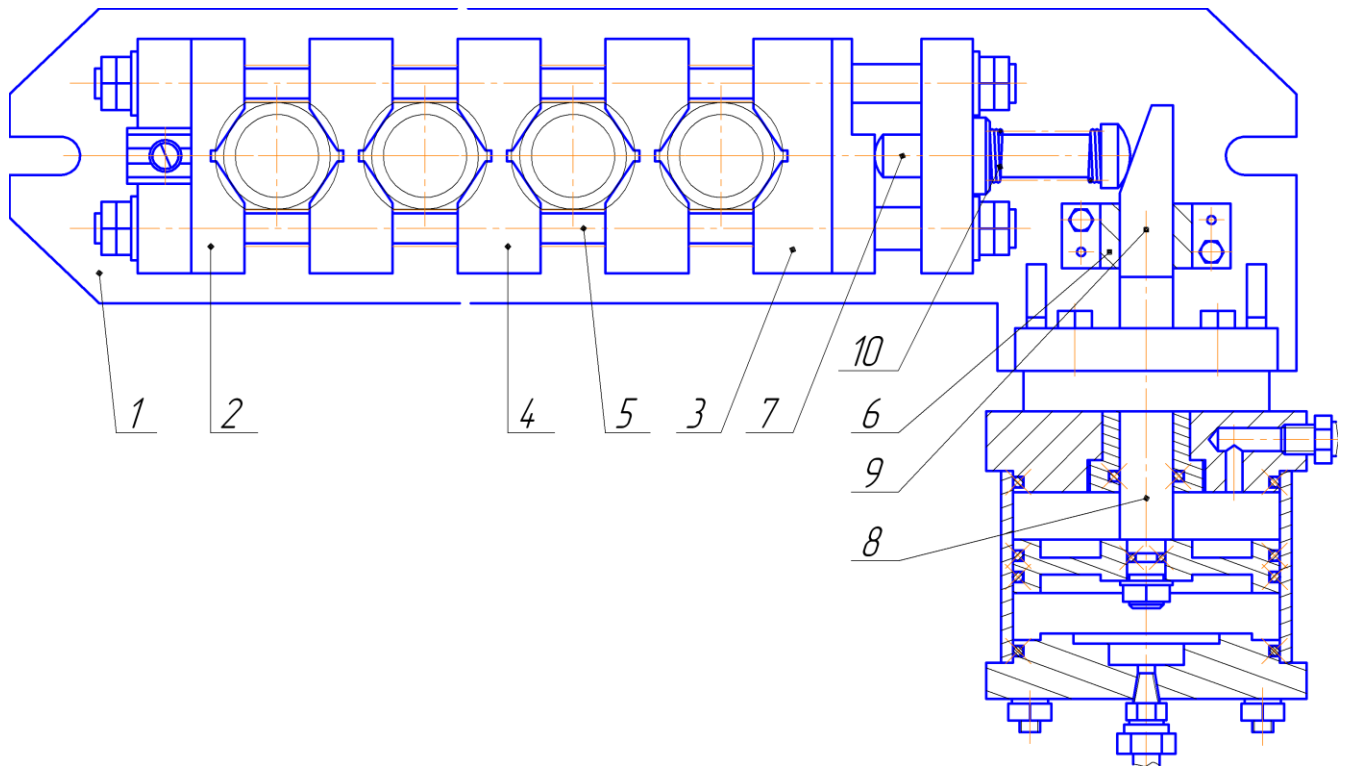


Рисунок 3.1 – Спрощена схема затискного пристрою

На основі 1 нерухомо закріплено ліву призму 2. Рухомими є середні призми 4, яких в конструкції затискного пристрою три штуки, і права призма 3, які розміщені і рухаються по напрямних 5. З іншого боку на основу 1 кріпиться пневмоциліндр 8, який має можливість, через клин 9 тиснути на штовхач 7.

3.1.2 Розрахунок потрібної сили затиску заготовки

Складемо розрахункову схему (рис. 3.2) затиску деталі, визначимо точку прикладення сили затиску та її напрямок.

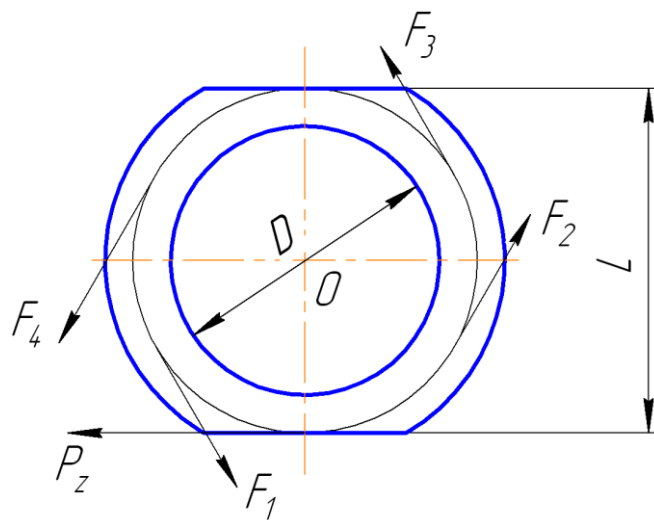


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку сил затиску

Заготовка, під дією сил різання прагне повернутися навколо точки O. Повороту заготовки перешкоджають сили тертя. Нехтуємо силою тяжіння заготовки, складаємо рівняння рівноваги у вигляді моментів усіх сил відносно центру деталі.

$$\sum M_o = 0;$$

$$P_z \cdot \frac{L}{2} - F_1 \cdot \frac{D}{2} - F_2 \cdot \frac{D}{2} - F_3 \cdot \frac{D}{2} - F_4 \cdot \frac{D}{2} = 0;$$

де P_z – сила різання ($P_z = 766$ Н визначалася в пункті 2.9).

Оскільки сила затиску діє симетрично, то

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F,$$

$$F = \frac{W \cdot f}{2 \sin \alpha / 2},$$

де f – коефіцієнт тертя; α – кут призми.

З рівняння рівноваги визначаємо необхідну силу затиску деталі:

$$P_z \cdot L = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot D}{\sin \alpha / 2};$$

$$W = \frac{P_z \cdot L \cdot \sin \alpha / 2}{2 \cdot f \cdot D} \cdot k;$$

де $k = 2,8$ коефіцієнт запасу який визначається виходячи із умов обробки.

Отже визначаємо необхідну силу затиску:

$$W = \frac{766 \cdot 50 \cdot \sin 120 / 2}{2 \cdot 0.15 \cdot 50} \cdot 2.8 = 6191H;$$

3.1.3 Розрахунок параметрів силового приводу

В розглядаємому затискному пристрої застосовується поршневий пневмодвигун двосторонньої дії. Складаємо розрахункову схему (рис. 3.3).

Визначаємо загальне передаточне відношення сили:

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{\operatorname{tg} 20} = 2.75;$$

де α – кут клина.

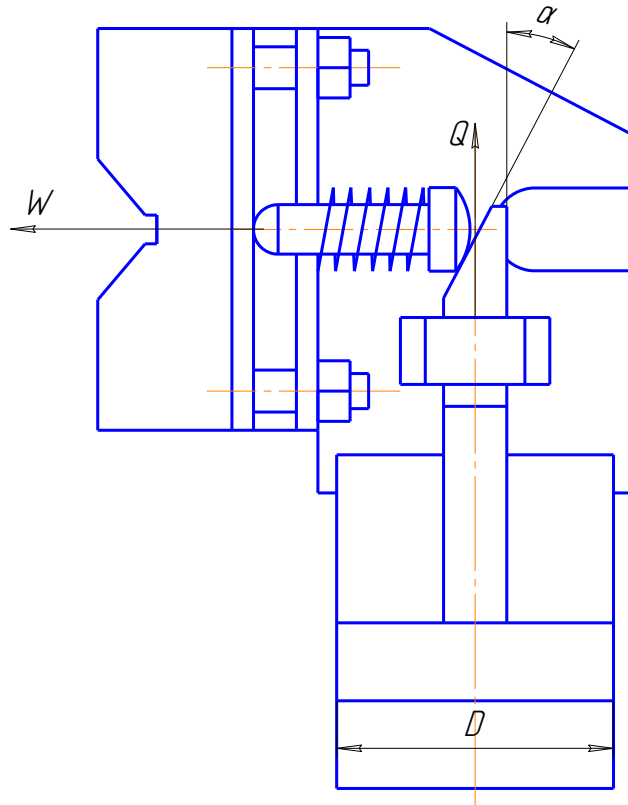


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку параметрів силового приводу

Вихідне зусилля, що утворюється приводом:

$$Q = \frac{W}{i};$$

$$Q = \frac{6191}{2.75} = 2251H;$$

Визначаємо діаметр циліндра силового приводу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_B \cdot \eta}};$$

де P_B - тиск стиснутого повітря (3-5кгС/см²); η - ККД приводу;

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 225.1}{3.14 \cdot 3 \cdot 0.8}} = 10.9 \text{ см};$$

Вибираємо діаметр циліндра із нормального ряду діаметрів: $D = 125$ мм за ГОСТ21307-75.

3.2 Розрахунок спеціальної дискової тристоронньої фрези

Розраховуємо та конструюємо дискову тристоронню фрезу з напаяними пластинками твердого сплаву ВК8 для фрезерування пазу шириною 5 мм у деталі втулка.

Обробка виконується на горизонтально фрезерному верстаті моделі 6Т82, потужність електродвигуна $N = 7,0$ кВт. Заготовка кріпиться в пристосування середньої жорсткості.

Конструкцію фрези вибираємо по ГОСТу 9926-71. Задаємося діаметром фрези $D = 175$ мм та $B = 5$ мм.

Визначаємо кількість зубів фрези:

$$Z = K \sqrt{D}$$

де K – коефіцієнт який залежить від типу фрези та умов роботи. Для торцевих фрез при обробці сталей $K = 1,2$

$$Z = 0,95 \cdot \sqrt{175} = 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо $Z = 14$ шт.

Вибираємо подачу на зуб:

$$S_z = 0,2 \text{ мм/зуб}$$

Визначаємо колову силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_{\text{зуб}}^y \cdot B \cdot Z}{D^q},$$

де t – глибина фрезерування $t = 5$ мм, $B = 5$ мм.

$$C_p = 30, x = 0,83, y = 0,65, q = 0,83.$$

$$P_z = \frac{30 \cdot 5^{0,83} \cdot 5 \cdot 0,2^{0,651} \cdot 14}{175^{0,83}} = 202,6 \text{ кгс} = 2026 \text{ Н.}$$

Рівнодіюча сил P_z

$$R = 0,35 \cdot P_z = 1,411 \cdot 2026 = 2858 \text{ Н.}$$

Діаметр отвору фрези під оправку.

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1 \cdot [\sigma_H]}}$$

$$\text{де } [\sigma_H] = 180 \dots 250 \text{ МПа} = 18 \dots 25 \text{ кг/мм}^2 = 180 \dots 250 \text{ Н/мм}^2$$

Колова сила P_z буде скручувати оправку а рівнодіюча R згинати оправку.

Згинаючий момент в місці зацімлення оправки буде дорівнювати:

$$M = P_z \cdot h$$

$$M = 2026 \cdot 20 = 40520 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 40,52 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Оправка під дією колової сили P_z піддається зкрученню.

Крутячий момент дорівнює:

$$M_{\text{кр}} = P_z \cdot \frac{D}{2},$$

де D – діаметр фрези.

$$M_{\text{кр}} = 2026 \cdot \frac{200}{2} = 202600 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 202,60 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент діючий на оправку дорівнює:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{40,52^2 + 202,60^2} = 206,61 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр оправки:

$$d = \sqrt[3]{\frac{206,62 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 25}} = 43,5 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр отвору під оправку фрези $\varnothing 45 \text{ мм}$.

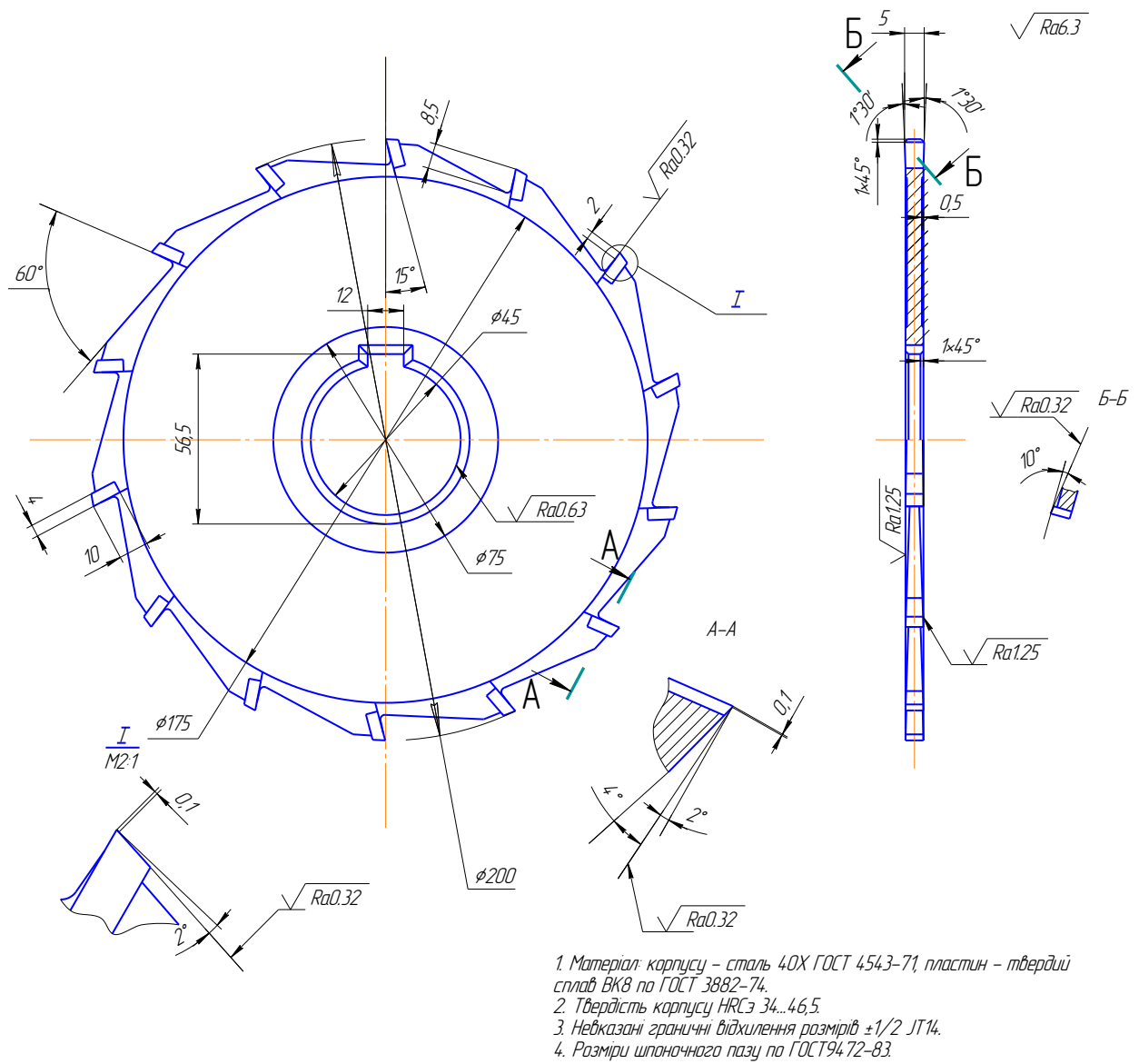


Рисунок 3.4 – Фреза дискова тристороння

Основні конструктивні розміри корпусу фрези вибираємо по ГОСТу .

Кути заточки зубців вказані на кресленні. Кути відповідають стандартним фрезам.

Отвір фрези та шпоночний паз виконуються по ГОСТу 9472-60.

4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Структурний аналіз двозахватних конструкцій промислових роботів

4.1 Вступ

Актуальність теми.

Використання двозахватних промислових роботів є дуже перспективним в рішенням при виконання завантажувально-розвантажувальних робіт оскільки, незважаючи на їхню відносну простоту, вони здатні значно збільшити продуктивність і, відповідно, ефективність виконуваних завдань у порівнянні з роботами із одним захватом. Основною проблемою при пошуку ефективних рішень для двозахватних конструкцій є велика кількість можливих варіантів, які можуть налічувати сотні чи навіть тисячі. Тож проведення структурного аналізу двозахватних конструкцій промислових роботів є актуальним питанням, розгляду якого і присвячена дана кваліфікаційна робота.

Наукова новизна.

Розроблено методику кінематичного структурного аналізу та синтезу двозахватних промислових роботів з різною кількістю ступенів рухомості та різним їх розподілом на окремі кінематичні групи, в залежності від їх функціонального призначення та приналежності до тієї чи іншої частини пристрою. Розроблено теоретичні основи визначення загальної кількості можливих варіантів двозахватних пристроїв з різною кількістю ланок і кінематичних пар та умов їх з'єднання в завершену конструкцію.

Практична цінність.

Сформульована методика, що забезпечила визначення найбільш доцільних схем пристроїв з відповідними структурними формулами. Виконано структурне дослідження можливих комбінованих варіантів двозахватних пристроїв та сформовано методику визначення таких варіантів.

4.2 Методика структурного аналізу та синтезу виконання ДПР

ДПР є перспективними рішеннями, оскільки, незважаючи на їхню відносну простоту, вони здатні значно збільшити продуктивність і, відповідно, ефективність виконуваних завдань у порівнянні з роботами із одним захватом. Основною проблемою при пошуку ефективних рішень для двозахватних конструкцій є велика кількість можливих варіантів, які можуть налічувати сотні чи навіть тисячі.

Для досягнення цілеспрямованих і обґрунтованих результатів у цій області необхідно розробити загальну методика, методи структурного аналізу та синтезу їхньої будови і функціонування. У цьому контексті важливо поставити завдання розробки структури як для всього ДПР, так і окремо для його виконавчого елемента – двозахватних пристроїв.

Першим етапом у вирішенні цієї задачі є створення кінематичної структури, яка враховує ступені рухомості робота та їх розподіл серед функціональних механізмів. У подальшому акцент буде зроблено на виконавчих механізмах, зокрема на визначенні оптимальних конструкцій для конкретних робочих умов.

Для обґрунтованого вирішення поставлених завдань необхідно розробити структурні формули, які детально описуватимуть будову таких пристроїв, враховуючи всі їхні ключові характеристики. До цих характеристик належать: 1) кількість ланок, які формують конструкцію пристрою; 2) особливості з'єднання цих ланок між собою та їх взаємодії з кінцевою частиною робота; 3) особливості кріплення захватів до ланок; 4) спільні рухи, які виконує двозахватний пристрій ($n_{зс}$) із захватами, що залежать від кількості рухів у системі, розташування кінематичних пар у структурі, типів рухів, особливостей конструкції кінематичних пар, а також напрямків руху в цих парах по відношенню один до одного та ланок пристрою.

Отже, у структурі роботів можна виокремити два основні компоненти:

- конструктивний компонент, який характеризує особливості конструкції двозахватного механізму;

- кінематичний компонент, що аналізується на основі виконуваних рухів.

У подальшому дослідженні ці компоненти слід об'єднати в єдину структуру двозахватного пристрою.

4.3 Кінематична структура двозахватних промислових роботів

Кінематичну структуру одноруких ДПР можна представити [23]:

$$n = n_o + n_p + \begin{matrix} n_{\kappa 1} \\ n_{\kappa 2} \end{matrix}; \quad (4.1)$$

де n – загальна кількість ступенів рухомості робота; n_o – кількість ступенів рухомості основи (корпусу) робота; n_p – кількість ступенів рухомості рухи робота; $n_{\kappa 1}$, $n_{\kappa 2}$ – кількість ступенів рухомості кисті, відповідно першого і другого захватів (3_1 , 3_2) робота.

На рисунку 4.1, а наведена схема, де $n_{\kappa 1}$ і $n_{\kappa 2}$ дорівнюють нулю, що може бути доцільним при одночасному транспортуванні роботом двох деталей і т.п. Наявність ступенів рухомості кисті ($n_{\kappa 1}$ і $n_{\kappa 2}$) дозволяє виконувати орієнтуючі рухи захватів. Прикладом таких виконань може бути схема (рис. 4.1, б), де кисть перша має обертовий рух $O'_{\kappa 1}$, а друга кисть – $O_{\kappa 2}$.

Окрім незалежних рухів пристрої можуть мати і спільні рухи для обох захватів, що дозволяє одночасно змінювати їх просторове положення чи орієнтацію. Це особливо доцільно, коли роботи призначені для виконання завантажування та розвантажування металорізальних верстатів і іншого ТО. При цьому можуть бути варіанти, де $n_{\kappa 1} = n_{\kappa 2} = 0$ і коли вони не дорівнюють нулю. Приклади таких схем наведені на (рис. 3.1, в, г). Останній варіант побудований, за умови коли $n_{\kappa 1} = 1$; а $n_{\kappa 2} = 0$.

Таким чином, в структурі ДПР може мати місце додаткова кінематична група, яка забезпечує процес ЗЗМ, або виконуюча інший їх одночасний рух. Таку

групу позначають (n_{3c}) – ступені рухомості спільні для обох захватів робота. Тоді загальну структуру ПР можна записати:

$$n = n_o + n_p + n_{3c} + \begin{pmatrix} n_{\kappa 1} \\ n_{\kappa 2} \end{pmatrix}; \quad (4.2)$$

В цю групу (n_{3c}) можуть входити різні по виду (поступальні – П чи обертові – О), та конструктивному виконанню (П і П', О і О') [23] кінематичні пари (рис. 4.2).

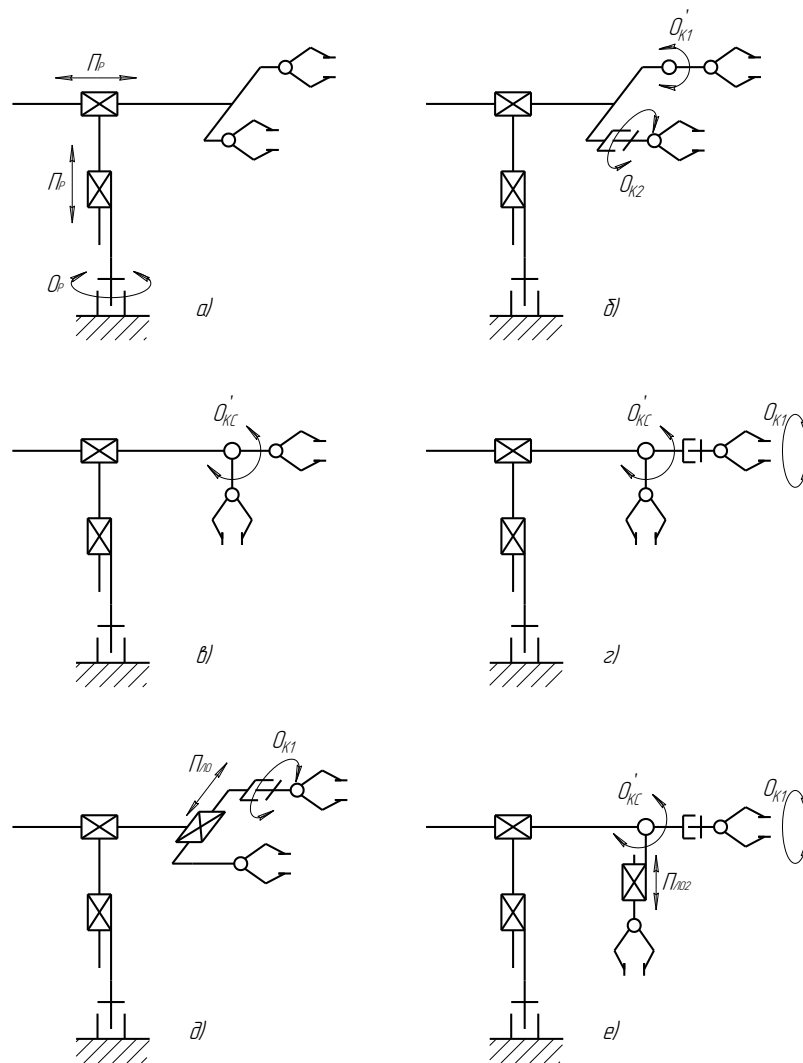


Рисунок 4.1 – Варіанти кінематичних схем ДПР

В структурі таких виконань можуть мати місце і інші за призначенням рухи. Серед них можна виділити спеціальні локально – операційні рухи ($n_{ло}$), що дозволяють виконувати конкретну операцію (з'єднати деталі, завести заготовку в

патрон і т.п.). Тоді структура робота може мати різні варіанти:

$$n = n_o + n_p + n_{ло} + \left\langle \begin{matrix} n_{к1} \\ n_{к2} \end{matrix} \right\rangle, \text{ приклад, рис. 4.1, д, коли } n_{к1} = 1, \text{ а } n_{к2} = 0;$$

$$n = n_o + n_p + n_{зс} + \left\langle \begin{matrix} n_{ло1} + n_{к1} \\ n_{ло2} + n_{к2} \end{matrix} \right\rangle, \text{ приклад, рис. 4.1, е, коли } n_{ло1} = 0 \text{ і } n_{к1} = 1, \text{ а } n_{к2} = 0$$

і $n_{ло2} = 1$.

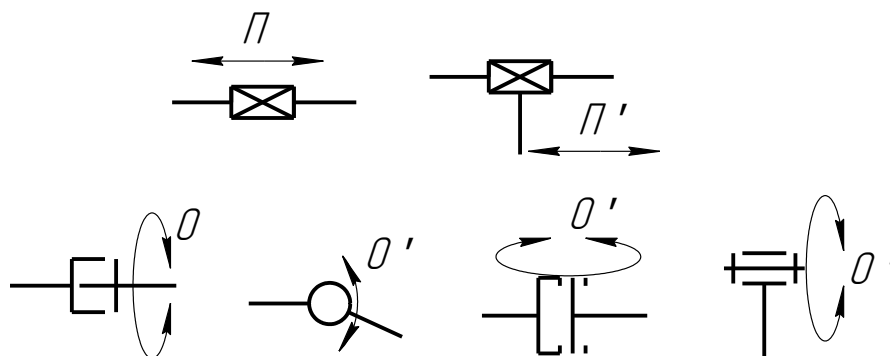


Рисунок 4.2 – Варіанти конструктивного виконання кінематичних пар

В даній роботі ставиться задача дослідження особливостей виконання ДПР, які призначені для завантаження і розвантаження верстатів, коли ступені рухомості $n_{зс}$ дозволяють міняти захвати місцями. Це дає можливість одним захватом брати з верстату оброблену деталь, а другим захватом встановлювати заготовку. Це забезпечує значне підвищення продуктивності роботи РТК, порівняно з тим, коли верстат обслуговується одноруким однозахватним ПР. Рухи кисті і локально – операційних механізмів при цьому детально не враховуються, так як вони принципово не впливають на вирішення поставленої задачі.

В наступних дослідженнях буде розглядатися тільки безпосередньо структура та схеми двозахватних пристроїв робота.

Розглянувши кінематичну структуру ДПР для різних варіантів виконання, можемо скласти їх узагальнену структуру. Вона дозволяє комплексно показувати всі принципово різні схеми побудови досліджувальних пристроїв, а відповідно цілеспрямовано вести пошук раціональних варіантів. При побудові цієї структури (рис. 4.3) прийняті позначення: МЗЗМ – механізм зміни захватів місцями, що

реалізує ступені рухомості $n_{зс}$; Л-ОМ – локально – операційний механізм, що реалізує локально – операційні ступені рухомості $n_{ло}$; ЛДП – ланки двозахватного пристрою; ВЛ – вихідна ланка робота, до якої приєднується двозахватний пристрій.

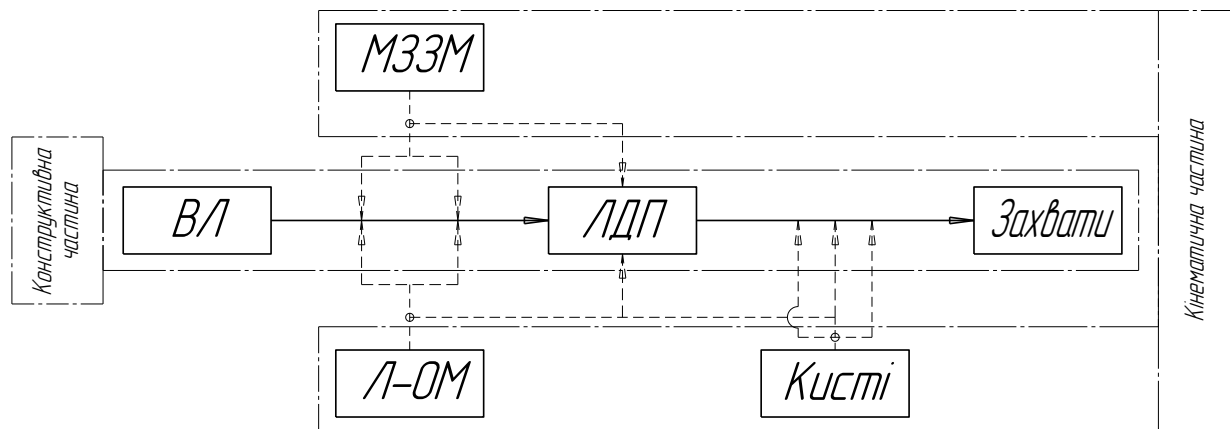


Рисунок 4.3 – Узагальнена структура двозахватних пристроїв робіт

На схемі ВЛ, ЛДП і захвати мають чітко визначену послідовність розміщення, тому їх зв'язок відзначений постійними лініями зі стрілками. МЗМ, Л-ОМ і кисті можуть мати різне розміщення в конструкції двозахватного пристрою, а тому місця їх встановлення показані штрих пунктирними лініями.

Всі ці умови повинні сприяти визначенню найбільш доцільних варіантів двозахватних пристроїв робота для конкретних умов виконання та експлуатації токарних РТК.

4.4 Конструктивна структура двозахватних пристроїв

Розробка конструктивної структури двозахватних пристроїв дозволяє визначити особливості будови (“скелету” чи “каркасу”) досліджуваних пристроїв. Головним елементом конструктивної будови пристроїв є наявність ланок, які формують каркас конструкції, до якого приєднуються захвати та необхідні кінематичні пари. В основу

створюваної структури доцільно покласти узагальнену структуру двозахватних пристроїв (п. 4.3). Виходячи з цього, а також враховуючи, що теоретично виконання пристрою можливе з безліччю формуючих ланок (Л), то за доцільне, для подальшого розгляду, приймемо умову наявності однієї, двох чи трьох ланок в пристрої. Більша кількість ланок веде до створення складних і мало раціональних конструкцій.

Спочатку розглянемо конструктивну структуру в залежності тільки від ланок, які її формують. Якщо в конструкції пристрою використовується тільки одна ланка (в такому випадку її при позначенні (Л) не будемо вказувати її номер), то можливий варіант структури буде – ВЛ $\perp$ Л.

В даній формулі вказано, що до вихідної ланки ПР чи кисті приєднано ланку двозахватного пристрою. З'єднання ВЛ і Л здійснено перпендикулярно ($\perp$) одна відносно одної.

Окрім цього приєднання ланок, теоретично чи практично можуть бути співвісним (/), паралельним (//), перехресним (перпендикулярним, що не перетинається – Х), та під довільним кутом (V) [23]. Дослідження показали, що останній варіант малодоцільний, а тому його використання без відповідних умов не доцільне. В дослідженнях також передбачається співпадання ланок пристрою з вісями прямокутної системи координат.

Приклад схеми, згідно вказаної структурної формули, показано на рис. 4.4, а. Наведена структура та схема передбачають послідуєче приєднання до них захватів, що буде розглянуто нижче.

Якщо пристрій формується двома ланками (відповідно перша ланка – Л₁ і друга – Л₂), тоді можлива більша кількість варіантів. Принципово їх можна розділити на дві групи. До першої відносяться варіанти, коли кожна з ланок Л₁ і Л₂ приєднується до ВЛ – рис. 4.4, б. Структура наведеного варіанту матиме вигляд -

$ВЛ \langle \begin{matrix} \perp Л_1 \\ \perp Л_2 \end{matrix}$. В даному варіанті передбачається розгалуження ланок з однієї точки

з'єднання. В таких схемах для більшої визначеності приєднання ланок, в структурній формулі необхідно вказувати, як розміщення по відношенню до

попередньої, ВЛ, так і між ланками, що приєднуються (L_1 і L_2). Якщо приєднання перпендикулярне між L_1 і L_2 , то його у формулі позначаємо відповідним значком ($\perp$) між цими ланками:

$$\text{ВЛ} \begin{cases} \perp L_1 \\ (\perp) \\ \perp L_2 \end{cases} .$$

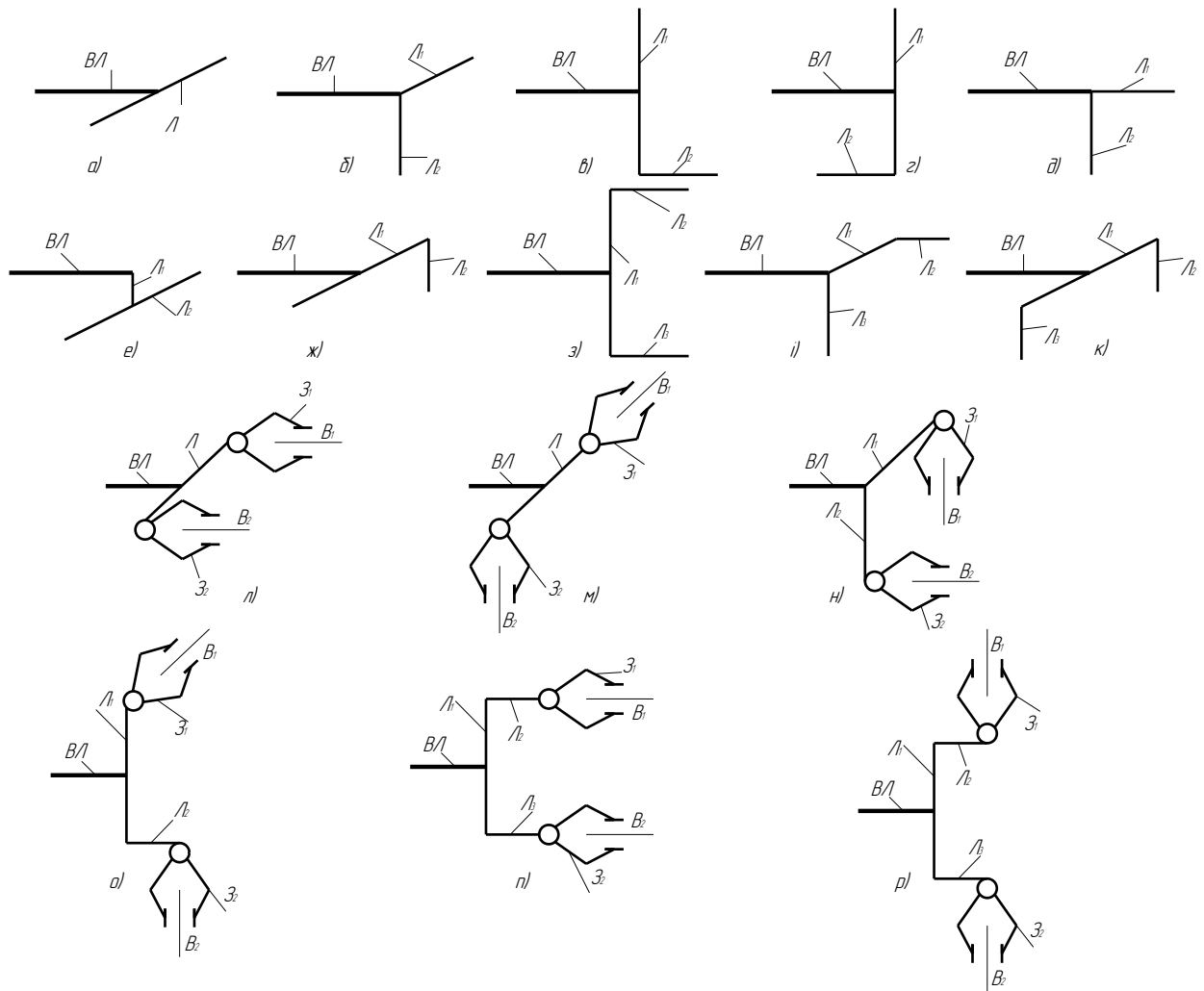


Рисунок 4.4 – Конструктивні варіанти з'єднання ланок та схеми двозахватних пристроїв:

а – к – варіанти з'єднання ланок; л – р – схеми двозахватних пристроїв.

До другої групи відносяться варіанти, коли одна із ланок (наприклад, перша – L_1) приєднується до вихідної ланки, а друга L_2 до першої. Приклад такого варіанту наведено на рис. 4.4, в, і відповідно структурна формула:

$$\begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \quad \diagdown \quad . \\ \quad \quad \quad \perp L_2 \end{array}$$

В даній формулі приєднання L_2 здійснюється перпендикулярно до L_1 . Ступінчатий запис формули вказує, що ланка L_2 приєднується до одного з кінців L_1 . В цих умовах для більшої визначеності розміщення L_2 по відношенню до L_1 і всієї системи, доцільно вказувати напрямок приєднання L_2 по відношенню до попередньої ланки, в даному випадку до ВЛ. Таке позначення буде слідувати за попереднім і згідно наведеної схеми (рис. 4.4, в) уточнена структурна формула буде мати вигляд:

$$\begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \quad \diagdown \quad . \\ \quad \quad \quad \perp // L_2 \end{array}$$

Наведена формула вказує, що L_2 приєднана до L_1 – перпендикулярно ($\perp$), а по відношенню до попередньої ланки (ВЛ) – паралельно ($//$).

Для послідууючої конкретизації необхідно вказувати, в якому напрямку відповідно до тієї чи іншої координатної вісі направлено ланку, що приєднується. Якщо ланки приєднані так, що їх вісі співпадають з вісями прямокутної системи координат, то вони відповідно позначаються у структурних формулах значками напрямку: $\uparrow$; $\uparrow$; $\times$. Якщо напрямки приєднувальних ланок співпадають з напрямками координатної системи в протилежні сторони, то вони позначаються – $\downarrow$; $\uparrow$; $\times$.

З урахуванням усіх умов структуру, згідно схеми рис. 4.4, в, можна записати як:

$$\begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \quad \diagdown \quad . \\ \quad \quad \quad \perp \uparrow L_2 \end{array}$$

Такий запис формули уточнює напрямок приєднання L_2 , в протипагу варіанту, коли L_2 направлена вліво відносно ланки L_1 , тому її формула буде:

$$\begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \quad \diagdown \quad , \\ \quad \quad \quad \perp \uparrow L_2 \end{array}$$

а схема показана на рис. 4.4, г.

При формуванні двозахватного пристрою трьома ланками кількість можливих варіантів набагато більша. Розглянемо деякі типові із них. Якщо перша ланка (L_1) приєднана до ВЛ, а дві інші (L_2 ; L_3) до ланки L_1 , то структура такого захвату буде:

$$\text{ВЛ} \perp L_1 \begin{cases} \perp \parallel L_2 \\ \perp \parallel L_3 \end{cases} .$$

Схема такої структури показана на рис. 4.4, з.

В даній формулі вказано, що ланки L_2 і L_3 приєднані перпендикулярно ($\perp$) до L_1 і паралельно ($\parallel$) по відношенню до ВЛ в позитивному напрямку вісі X.

Інший варіант трьох ланкового двозахватного пристрою наведено на рис. 4.4, і, а його структура:

$$\text{ВЛ} \begin{cases} \perp L_1 \perp \parallel L_2 \\ \perp L_3 \end{cases} .$$

Другою складовою конструктивної структури двозахватних пристроїв, є відображення особливостей приєднання захватів до ланок пристрою. Так як захвати розміщуються на кінцях відповідних ланок, то при цьому важливо вказати напрямок вісі захвату (В) по відношенню до вісі ланки, що тримає захват. Ці напрямки, як правило, такі ж, як і напрямки взаємного розміщення ланок, а тому теоретично чи практично можуть бути: перпендикулярними ($\perp$), співвісними ($\parallel$), паралельними ($\parallel$), перпендикулярними, що не перетинається – (X) та під довільним кутом (V). Практично, приєднання має місце при виконанні умов співвісності та перпендикулярності вісі захвату і вісі ланки, до якої він приєднаний, і тільки в деяких випадках ці вісі розміщені під довільним кутом.

Приклади типових варіантів приєднання захватів до ланок двозахватного пристрою наведені на рис. 4.4 (л – р). Так, для варіанту (рис. 4.4, л), коли захвати приєднуються перпендикулярно до ланки (Л), структурна схема буде:

$$\text{ВЛ} \perp L \begin{cases} \perp \parallel Z_1 \\ \perp \parallel Z_2 \end{cases} .$$

На даній і послідуючих схемах показані два захвати Z_1 і Z_2 , та їх вісі симетрії B_1 і B_2 . Таким чином, згідно позначених вісей B_1 і B_2 в структурній формулі вказується їх розміщення та напрямки. Для схеми (рис. 4.4, л) може бути й інше розміщення захватів (рис. 4.4, м), тоді її можна представити структурною формулою:

$$ВЛ \perp Л \begin{cases} / Z_1 \\ \perp \times Z_2 \end{cases} .$$

В даній формулі однозначно визначається, що перший захват приєднаний до ланки (Л) співвісно. Тому вказувати, як він розміщений по відношенню до ВЛ немає потреби, так як умова співвісності може бути реалізована тільки одним варіантом. Протилежним цьому може бути представлення приєднання другого захвату Z_2 , згідно виконання умови перехреснуваності ланки (Л) і вісі (B_2). А тому це конкретизовано у формулі позначенням $\times$.

Для дволанкових захватних пристроїв приєднання захватів можна показати на прикладі (рис. 4.4, н) згідно формули:

$$ВЛ \begin{cases} \perp Л_1 \perp \times Z_1 \\ \perp Л_2 \perp \parallel Z_2 \end{cases} .$$

Для схеми (рис. 4.4, в) один із варіантів приєднання має вигляд (рис. 4.4, о), а структурна формула :

$$ВЛ \perp Л_1 \begin{cases} \perp \times Z_1 \\ \perp \parallel Л_2 \perp \parallel Z_2 \end{cases} .$$

Трьохланкові двозахватні пристрої можуть мати також значну кількість варіантів приєднання захватів. Схема на рис. 4.4, п, побудована приєднанням захватів до ланок згідно формули:

$$ВЛ \perp Л_1 \begin{cases} \perp \parallel Л_2 / Z_1 \\ \perp \parallel Л_3 / Z_2 \end{cases} .$$

Інший варіант приєднання захватів до цієї схеми, показано на рис. 4.4, р, що відповідає структурній формулі:

$$\text{ВЛ} \perp \text{Л}_1 \begin{cases} \perp \parallel \text{Л}_2 \parallel \text{З}_1 \\ \perp \parallel \text{Л}_3 \parallel \text{З}_2 \end{cases} .$$

В цілому, наведене обґрунтування побудови структурних схем дозволяє отримувати такі формули, по яким можна будувати чітко визначені схеми пристроїв.

Це дозволяє цілеспрямовано аналізувати конструктивні варіанти двозахватних пристроїв і знаходити із них найбільш доцільні схеми.

Деякі із наведених і подібних схем можуть в такому виді (без додаткових ступенів рухомості по зміні захватів місцями) використовуватись в конструкціях робіт, де зміна захватів місцями може здійснюватись рухами руки ПР. Звичайно, такий варіант вирішення проблеми в більшості випадків реалізувати складно і він є малодоцільним.

4.5 Конструктивно-кінематична структура двозахватних пристроїв

Виходячи з вибраних для дослідження ДПР, які призначені для здійснення завантажування і розвантаження токарних верстатів, необхідно, щоб захватний пристрій здійснював доцільні для цього рухи. Кінематична структура робота (див. п. 3.3) показує, як розподіляються ступені рухомості між окремими кінематичними групами. Кожна з цих груп має відповідне функціональне призначення та приналежність до тієї чи іншої частини ПР. Але детально така кінематична структура не вказує на особливості будови та роботи, як ПР, так і його частини, що досліджується – двозахватного пристрою. В подальшому, як відзначалося вище, головна увага буде приділена дослідженню ступенів рухомості спільних для обох захватів (n_{3c}), які забезпечують зміну захватів місцями (механізм ЗЗМ).

Для вирішення поставленого завдання необхідно в конструктивну структуру двозахватного пристрою ввести необхідні кінематичні пари, які і будить забезпечувати відповідні рухи пристрою. Як уже відзначалося вище, в ПР, в основному, використовуються кінематичні пари п'ятого класу, конструктивні варіанти виконання яких наведені на рис. 4.2.

З урахуванням відзначених умов розглянемо процес формування конструктивно – кінематичної структури двозахватного пристрою.

Початково вибираємо конструктивний варіант пристрою (схему і її структурну формулу), визначаємо можливі варіанти введення в схему кінематичних пар для здійснення спільних рухів захватів (n_{zc}), формуємо закінчену конструктивно – кінематичну схему та створюємо структурну формулу.

Виконання рухів по ЗЗМ може бути в двох варіантах:

- коли процес завантаження і розвантаження характеризується тим, що захвати міняються місцями, тобто пристрій має дві фіксовані позиції (рис. 4.5, а). Одна із них робоча, що відповідає положенню захвату на позиції верстату, а друга – допоміжна;
- коли процес завантаження і розвантаження характеризується наявністю трьох позицій: одна робоча позиція і дві допоміжні, відповідно для першого і другого захватів (рис. 4.5, б).

По першому варіанту зміна захватів місцями здійснюється одночасно, в другому – один захват звільняє місце іншому, для цього потрібно одна ступень рухомості в пристрої.

У випадку використання другого варіанту, можуть бути реалізовані дві схеми ЗЗМ. По перше, рухи можуть здійснюватися одночасно від одного приводу; по друге, рухи можуть бути послідовними чи частково послідовними, і здійснюватися від окремих приводів для кожного захвату. Звичайно, більш доцільно використовувати схеми, де ЗЗМ здійснюється однією ступеню рухомості, що суттєво спрощує конструкцію пристрою.

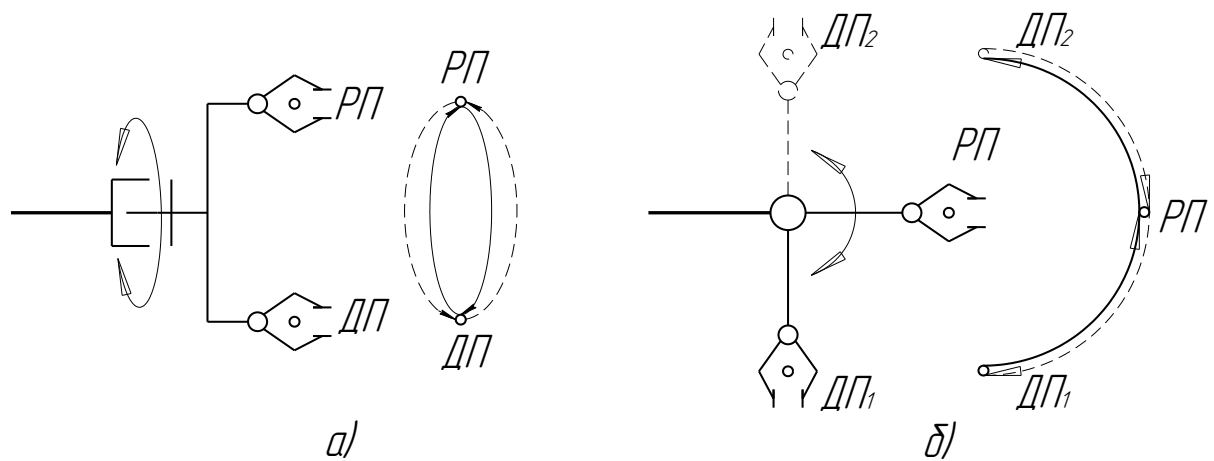


Рисунок 4.5 – Схеми роботи двозахватних пристроїв

Якщо двозахватний пристрій складається з однієї ланки (рис. 4.4, л), процес ЗЗМ може реалізуватися одним обертовим рухом (рис. 4.6, а), або одним поступальним рухом, що здійснюється в напрямку вісі ланки (рис. 4.6, б).

Згідно схеми наведених на рис. 4.6, а, структурна формула буде:

$$\text{ВЛ} / \text{О} \perp \text{Л} \begin{cases} \perp \uparrow \parallel 3_1 \\ \perp \uparrow \parallel 3_2 \end{cases}$$

В наведеній структурній формулі додатково вказана кінематична пара, яка здійснює обертовий рух відносно власної осі (О), а також, як напрямок руху співвідноситься по напрямленню до приєднувальної ланки. В даному прикладі вісь ланки і напрямок руху (вісь, відносно якої здійснюється рух в кінематичній парі) між собою співвісні (/). Після кінематичної пари вказується напрямок приєднання ланки пристрою до ВЛ кінематичної пари. В даній схемі ці напрямки перпендикулярні ($\perp$). Якщо потрібно, то додатково, після вказаного напрямку, можна вказувати ще й напрямок приєднання відносно ланки, до якої приєднується кінематична пара. В схемі, що розглядається, таке уточнення не потрібне, так як іншого приєднання ланки (Л) до пари (О), при умові їх перпендикулярності, не можливо. В подальших схемах будуть наведені приклади подвійного позначення напрямків приєднання ланок.

Відповідно до варіанту з поступальним рухом (рис. 4.6, б) структурну формулу можна записати:

$$\text{ВЛ} \perp \Pi' // \perp \text{Л} \begin{cases} \perp \uparrow \uparrow \text{З}_1 \\ \perp \uparrow \uparrow \text{З}_2 \end{cases} .$$

В даній структурі вказано, що ланка (Л) приєднана по напрямку руху до пари Π' паралельно, а її вісь і вісь ВЛ між собою перпендикулярні.

Для одноланкових захватних пристроїв можливі й інші структурні варіанти, в залежності від напрямку рухів, що здійснюються, та особливостей їх конструктивної реалізації. Наприклад, варіант з обертовою парою (О) можна представити схемою (рис. 4.6, в) зі структурною формулою:

$$\text{ВЛ} \perp \text{О} \perp // \text{Л} \begin{cases} / \text{З}_1 \\ / \text{З}_2 \end{cases} .$$

В процесі обертання ланки вона може змінювати напрямок по відношенню до ВЛ, тому позначення вказуються для вихідного положення ланок в схемі.

Для дволанкових захватних пристроїв, один з варіантів приєднання обертової кінематичної пари показано на рис. 4.6, г, а структура схеми буде:

$$\text{ВЛ} \perp \text{О}' \begin{cases} \perp / \text{Л}_1 / \text{З}_1 \\ (\perp) \\ \perp \perp \text{Л}_2 / \text{З}_2 \end{cases} .$$

Трьохланкові двозахватні пристрої з додаванням ступенів рухомості ЗЗМ, також можуть бути реалізовані різними варіантами, в залежності від необхідних умов роботи ПР в комплексі. Один з таких прикладів наведено на рис. 4.6, д, згідно структури:

$$\text{ВЛ} / \text{О} \perp \text{Л}_1 \begin{cases} \perp \uparrow \uparrow \text{Л}_2 \perp \uparrow \uparrow \text{З}_1 \\ \perp \uparrow \uparrow \text{Л}_3 \perp \uparrow \uparrow \text{З}_2 \end{cases} .$$

В даній структурній формулі позначення наведені для показаного на рис. 4.4, р, положення схеми. В процесі обертання в парі (О) всі позначення у

формулі залишаються незмінними, окрім позначення стрілок в напрямках паралельності біля захватів $З_1$ і $З_2$, так як їх вісі B_1 і B_2 змінюють свій напрямок в системі координат.

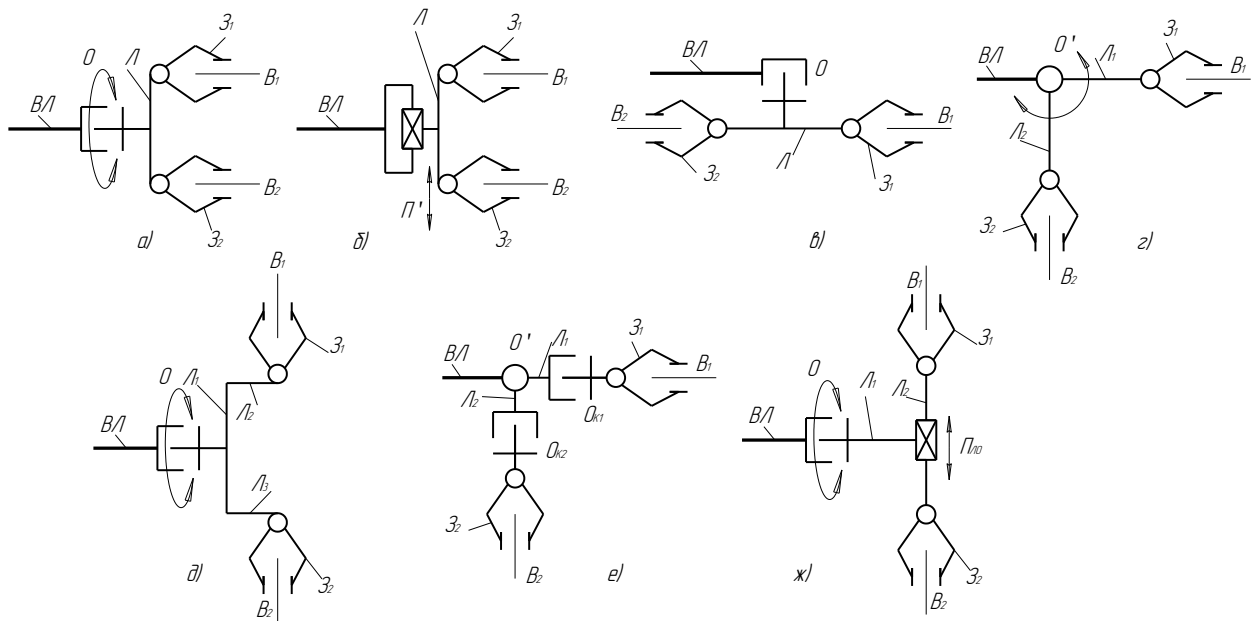


Рисунок 4.6 – Конструктивно-кінематичні схеми ДПР

Як було відзначено в пункті 4.3 в структурі двозахватних пристроїв можуть бути не тільки ступені рухомості, які забезпечують ЗЗМ, а й інші кінематичні групи. Це в першу чергу стосується наявності в пристрої орієнтуючих ступенів рухомості, які відносяться до кисті того чи іншого захвату. Приклад такого варіанту показано на рис. 4.6, е, згідно структурної формули:

$$\begin{array}{l} \text{ВЛ} \perp O' \begin{cases} \perp \uparrow L_1 / O_{k1} \uparrow Z_1 \\ \perp \perp L_2 / O_{k2} \downarrow Z_2 \end{cases} \end{array}$$

В таких конструкціях кисть розміщується перед захватом робота і може бути реалізована одним із видів обертових рухів O чи O' .

Окрім ступенів рухомості кисті, в структурі пристроїв, що досліджуються, можуть бути і локально – операційні ступені рухомості. Один із таких варіантів показано на рис. 4.6, ж, відповідно до структури:

$$\text{ВЛ} / \text{О} / \text{Л}_1 \perp \text{П}_{\text{ло}} / \text{Л}_2 \begin{cases} \nearrow \perp \text{З}_1 \\ \searrow \perp \text{З}_2 \end{cases} .$$

В даній формулі вказується на використання поступального локально – операційного руху ($\text{П}_{\text{ло}}$), що може вирішувати питання здійснення локального руху для виведення деталі із патрону токарного верстату, тощо.

В цілому, запропонована структура дозволяє врахувати всі основні відмінні ознаки, які забезпечують формування різних конструкцій двозахватних пристроїв, зручно представляти їх будову формулами та ґрунтовно аналізувати для пошуку найбільш доцільних варіантів в залежності від особливостей використання тих чи інших токарних РТК.

4.6 Теоретичні основи аналізу двозахватних пристроїв роботів

Для ґрунтовного аналізу можливих виконань двозахватних пристроїв ПР необхідно розробити методику, яка дозволить визначити кількість теоретично можливих схем пристроїв, що досліджуються, та вказати напрямок пошуку найбільш доцільних варіантів.

В основу вирішення цієї задачі покладені всі відмінні ознаки, які оцінюють можливі різновиди конструкцій двозахватних пристроїв. В найбільш узагальненому виді схеми двозахватних пристроїв різняться конструктивними та кінематичними особливостями їх виконання.

Конструктивні особливості (див. п. 4.3) враховують кількість ланок, з яких складається пристрій, умов їх з'єднання між собою та особливості приєднання до них захватів. Кінематичні (див. п. 4.4) – оцінюються кількістю ступенів

рухомості в двозахватному пристрої, та особливостями їх реалізації. Таким чином, загальна кількість теоретично можливих варіантів конструктивно – кінематичних схем (m_m) двозахватних пристроїв:

$$m_m = m_{кон}^m \cdot m_{кін}^m; \quad (4.3)$$

де $m_{кон}^m$ – теоретична кількість конструктивних варіантів; $m_{кін}^m$ – теоретична кількість кінематичних варіантів.

4.4.1 Теоретична кількість конструктивних варіантів

Кількість конструктивних варіантів залежить від кількості ланок (L), що формують конструктивну схему пристрою (m_L); умов приєднання ланок в конструкції пристрою (m_Y); напрямків з'єднання ланок (m_H); особливості приєднання захватів до ланок пристрою (m_3).

Відповідно сумарна кількість теоретично можливих конструктивних варіантів для пристроїв з різною кількістю ланок буде:

$$m_{кон}^m = \sum_{i=1}^{m_L} \cdot \sum_{i=1}^{m_Y} \cdot m_H^m \cdot m_3^m; \quad (4.4)$$

Знаки суми вказують, що кількість варіантів може визначатися для пристроїв з різною кількістю ланок, та різними умовами їх приєднання.

Для пристрою з конкретною кількістю формуючих його ланок кількість варіантів визначається як:

$$m_{кон}^m = \sum_{i=1}^{m_Y} \cdot m_H^m \cdot m_3^m; \quad (4.5)$$

Конструктивні варіанти, що залежать від кількості ланок пристрою є величина конкретна для того чи іншого варіанту двозахватного пристрою і може бути $m_L = 1...3$. Більшу кількість ланок в конструкції пристрою можна оцінювати подібно, але, як уже відзначалося, такі виконання є досить складними і мало доцільними, а тому в даній роботі не розглядаються.

Відносно особливостей (умов) приєднання ланок, можна виділити два варіанти:

- ланки з'єднуються своїми кінцями (рис. 4.4, б, д);
- одна з ланок з'єднується своєю кінцевою частиною з другою ланкою в проміжку між її кінцями (рис. 4.4, а, з). В таких випадках найбільш доцільним є приєднання ланок посередині, що робить конструкцію симетричною та урівноваженою. В структурних формулах цю особливість можна позначати, як L_{1C} – перша ланка приєднана своєю серединою; L_{2K} – друга ланка приєднана кінцевою частиною.

Таким чином, для кожного з'єднання $m_y = 2$.

Що стосується кількості варіантів, які визначають можливі напрямки з'єднання ланок (m_n), вони можуть бути співвісними (/); паралельними (//); перпендикулярними ($\perp$); перехресними (перпендикулярними, що не перетинається) (X); під довільним кутом (V).

Останній варіант є мало доцільним, а тому він буде враховуватись тільки при окремо обґрунтованих умовах. Тож кожне з'єднання ланок теоретично має чотири варіанти.

Вказані напрямки з'єднання необхідно враховувати не тільки для суміжних ланок, які безпосередньо з'єднуються між собою, а й по відношенню до несуміжної (попередньої) ланки.

Якщо в конструкції пристрою є одна ланка, а відповідно одне з'єднання між ВЛ і ланкою пристрою (рис. 4.4, а), то теоретична кількість напрямків їх з'єднання - $m_n^T = 4$. Деякі з них практично нереалізуємі, про що буде відзначено нижче. Для варіанту з послідовним з'єднанням ланок (рис. 4.4, з) маємо три точки з'єднання: ВЛ – L_1 , L_1 – L_2 і L_1 – L_3 . Тоді кількість теоретично можливих варіантів (m_n^m) таких конструктивних схем буде:

$$m_n^m = m_{n1}^m \cdot m_{n2}^m \cdot m_{n3}^m; \quad (4.6)$$

де $m_{n1}^m; m_{n2}^m; m_{n3}^m$ - відповідно кількість варіантів напрямків з'єднання для точок з'єднання ВЛ – L_1 , L_1 – L_2 і L_1 – L_3 .

Як уже було визначено, для першого з'єднання (ВЛ – L_1) маємо чотири напрямки приєднання ($m_{n1}^m = 4$).

Якщо в конструкції пристрою використовуються дві ланки, які з'єднуються своїми кінцями з ВЛ в одній точці (рис. 4.4, б), то кількість теоретично можливих варіантів визначається в послідовності, що описана нижче. Приймаючи за умову, що кожна з цих ланок може мати чотири напрямки розміщення по відношенню до ВЛ, то загальна теоретична кількість варіантів буде дорівнювати:

$$m_n^m = 4^2 = 16. \quad (4.7)$$

В дволанковій конструкції, де L_1 і L_2 з'єднуються між собою послідовно, спочатку визначаються варіанти приєднання L_1 до ВЛ. Таких варіантів чотири, як і в попередньому пристрою, що має одну ланку. При визначенні кількості варіантів по напрямкам приєднання ланки L_2 до L_1 необхідно додатково враховувати напрямок приєднання L_2 з попередньою ланкою (ВЛ). Так, наприклад, варіант (рис. 4.4, в), в якому L_2 приєднана до L_1 – перпендикулярно, виконаний по структурі – $ВЛ \perp L_{1к} \perp L_{2к}$.

Якщо у формулі вказати напрямок приєднання L_2 по відношенню до ВЛ, який є паралельним, то формула буде мати вигляд – $ВЛ \perp L_{1к} \perp // L_{2к}$.

Цей варіант можна ще конкретизувати, вказавши в яку сторону приєднана L_2 . Відповідно до рис. 4.4, в, формула буде – $ВЛ \perp L_{1к} \perp L_{2к} \quad \uparrow \downarrow$

В цій схемі, залишаючи умови перпендикулярності між L_1 і L_2 та паралельності між L_2 і ВЛ, можна замінити напрямок приєднання L_2 до ланки L_1 (рис. 4.4, г), згідно формули – $ВЛ \perp L_{1к} \perp L_{2к} \quad \uparrow \downarrow$

Подібно можна розглядати варіанти, коли L_1 і L_2 перпендикулярні між собою, але ланка L_2 розміщена перехресно до ВЛ.

Таким чином, для дволанкового пристрою кількість варіантів напрямків з'єднання ланок буде дорівнювати добутку кількості варіантів (m_{n1}) з'єднання в першій парі ланок (ВЛ – L_1) та кількості (m_{n2}) варіантів у другій парі (L_1 – L_2). Тоді кількість варіантів в парі ВЛ – L_1 буде дорівнювати $m_{n1}^T = 4$, а в парі L_1 – L_2 :

$$m_{n2}^T = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 32; \quad (4.8)$$

де перша четвірка вказує, що L_2 може бути приєднана в чотирьох теоретично можливих напрямках (співвісно, паралельно, перпендикулярно, перехресно) до L_1 . Друга четвірка вказує, що ця ж ланка (L_2) такими ж чотирма напрямками може бути

розміщена по відношенню до попередньої ланки (ВЛ). А двійка, що ці напрямки можуть бути в різні сторони (вліво чи вправо, вгору чи вниз і т.п.). Тож загальна теоретична кількість варіантів для другого варіанту буде:

$$m_n^m = m_{n1}^m \cdot m_{n2}^m = 4 \cdot 32 = 128. \quad (4.9)$$

Подібно можна розглядати теоретично можливі конструктивні варіанти для двозахватних пристроїв, що мають три ланки. В цих конструкціях також до ВЛ може приєднуватися одна (рис. 4.4, з, к) чи дві (рис. 4.4, і) ланки з відповідною кількістю варіантів приєднання.

Оскільки це з'єднання є першим, то в ньому не враховується в яку сторону виконується з'єднання (вліво чи вправо, вниз чи вгору і ін.). Так як це практично рівнозначно різному просторовому положенню ланок ВЛ і Л₁ при тому ж їх конструктивному виконанні. Це дозволяє дещо зменшити кількість теоретично можливих варіантів без втрати їх реальних виконань.

Для послідовних з'єднань Л₁ – Л₂ і Л₁ – Л₃ кількість варіантів подібна до аналогічних двохланкових пристроїв, а тому:

$$m_{n2}^m = m_{n2}^m = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 32. \quad (4.10)$$

Загальна кількість теоретично можливих варіантів напрямків з'єднань трьохланкових пристроїв з послідовним приєднанням ланок буде:

$$m_n^m = m_{n1}^m \cdot m_{n2}^m \cdot m_{n3}^m = 4 \cdot 32 \cdot 32 = 4096. \quad (4.11)$$

Якщо в трьохланковому пристрої (рис. 4.4, і) спочатку до ВЛ приєднуються дві ланки Л₁ – Л₂ ($ВЛ \langle \begin{smallmatrix} L_1 \\ L_2 \end{smallmatrix} \rangle$), а потім послідовно до Л₂ приєднується Л₃, то теоретична кількість варіантів по напрямку з'єднання буде:

$$m_n^m = m_{n1-2}^m \cdot m_{n3}^m; \quad (4.12)$$

де m_{n1-2}^m - теоретична кількість сумісного приєднання двох ланок (Л₁ – Л₂) до ВЛ; m_{n3}^m - теоретична кількість варіантів для з'єднання (Л₂ – Л₃).

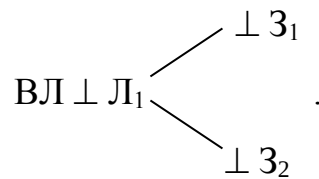
Для з'єднання ($ВЛ \langle \begin{smallmatrix} L_1 \\ L_2 \end{smallmatrix} \rangle$), яке є першим, подібно як і в дволанкових, з тими ж умовами, маємо $m_{n1-2}^m = 16$ варіантів, а для Л₂ – Л₃ – $m_{n3}^m = 32$ варіанти.

Тоді загальна кількість теоретичних варіантів для даного конструктивного виконання буде:

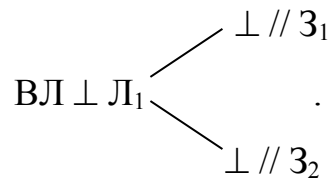
$$m_n^m = 16 \cdot 32 = 512. \quad (4.13)$$

Додатковим різновидом конструктивного виконання пристрою є особливості приєднання захватів до ланок. Цей різновид може визначатися напрямком приєднання вісі захвату до вісі ланки.

Відповідно кожен захват до ланки може приєднуватися чотирма напрямками (співвісні, паралельно, перпендикулярно та перехресно). Наприклад, для одноланкового пристрою (рис. 4.4, л):

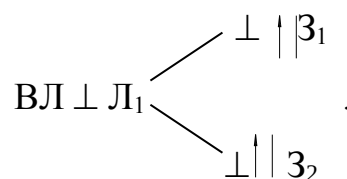


Умова перпендикулярного приєднання захватів до Л_1 вимагає уточнення цього приєднання по відношенню до попередньої ланки (ВЛ). Так, для представленої схеми (рис. 4.4, л) це структурно уточнюється, що вісь захватів паралельна вісі вихідної ланки:



Іншим перпендикулярним варіантом приєднання захватів до Л_1 може бути умова, що вісі захватів розміщені перехресно відносно ВЛ.

Як і в з'єднанні ланок між собою необхідно додатково вказувати, в яку сторону (вліво чи вправо, вниз чи вгору і ін.) направлено вісь захвату. Так для схеми (рис. 4.4, л) це уточнення присутнє в структурній формулі:



Таким чином, приєднання кожного захвату до ланки теоретично можливо 32 варіантами:

$$m_{31} = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 32. \quad (4.14)$$

Так як в захватному пристрої два захвати, то загальна кількість теоретично можливих варіантів приєднання становитиме:

$$m_3 = m_{31} \cdot m_{32} = 32 \cdot 32 = 1024. \quad (4.15)$$

Визначивши всі складові конструктивних варіантів, можна перейти до встановлення загальної теоретичної кількості таких варіантів. Для одноланкових двозахватних пристроїв з різними умовами приєднання ланки ($\sum_{i=1}^{m_n} = m_y = 2$):

$$m_{кон}^m = m_y^m \cdot m_n^m \cdot m_3^m = 2 \cdot 4 \cdot 1024 = 8192. \quad (4.16)$$

Для дволанкового пристрою з сумісним приєднанням ланок до ВЛ (рис. 4.4, б) кількість варіантів ($m_y = 1$):

$$m_{кон}^m = 1 \cdot 16 \cdot 1024 = 16384. \quad (4.17)$$

Для трьохланкового ($m_y = 1$) варіанту (рис. 3.4, з, к):

$$m_{кон}^m = 1 \cdot 4096 \cdot 1024 = 14194304. \quad (4.18)$$

Наведене обґрунтування забезпечує визначення всіх теоретично можливих варіантів, аналіз яких сприяє пошуку доцільних варіантів.

4.4.2 Теоретична кількість кінематичних варіантів

Кількість кінематичних варіантів залежить від ступенів рухомості в двозахватному пристрої та їх функціонального призначення (ступені рухомості для зміни захватів місцями – $n_{зс}$; орієнтуючі ступені рухомості кисті – n_k ; локально – операційні ступені рухомості – $n_{ло}$).

Основою двозахватних пристроїв, з точки зору їх функціонального призначення, є ступені рухомості ЗЗМ, які і будуть розглянуті, як основний об'єкт дослідження. Для даних механізмів кількість теоретично можливих варіантів буде:

$$m_{кін} = m_n \cdot m_в \cdot m_k \cdot m_{nn} \cdot m_{нл}, \quad (4.19)$$

де m_n – кількість варіантів, які відзначаються порядком розміщення кінематичних пар [23]. Якщо в механізм 3ЗМ можуть використовуватися пари різних класів, то:

$$m_n = \frac{N!}{n_{III}! \cdot n_{IV}! \cdot n_V!}, \quad (4.20)$$

де $N = n_{III} + n_{IV} + n_V$ - загальна кількість кінематичних пар в механізмі 3ЗМ, що визначається як сума кількості кінематичних пар відповідно III, I V та V-го класів;

m_v – кількість варіантів по виду руху в парах V-го класу. Оскільки основних видів руху два (поступальні – П і обертові – О), то

$$m_v = 2^n. \quad (4.21)$$

Так як в конструкціях двозахватних пристроїв в основному використовуються пари п'ятого класу, то $n = n_V$.

m_k – кількість варіантів по особливостям конструктивного виконання кінематичних пар. Таких різновидів для кожного виду рухів два. Перший – коли вісь рухомої ланки кінематичної пари співпадає з напрямком руху чи віссю обертання (позначаємо П і О), і другий – коли вони не співпадають, то позначаються П' і О' (рис. 4.2). Відповідно:

$$m_k = 2^n; \quad (4.22)$$

m_{np} – кількість варіантів по напрямку руху в окремих ступенях рухомості. Якщо рухи відносно попереднього можуть бути паралельними, співвісними, перпендикулярними чи перехрещуватися, то кількість таких варіантів буде:

$$m_{np} = 4^{(n-1)}; \quad (4.23)$$

m_{nl} – кількість варіантів по напрямку приєднання кінематичної пари до ланки, що її утримує. Так як приєднання є одним, але з різним напрямком, то теоретично їх, подібно до вищенаведеного, може бути чотири варіанти.

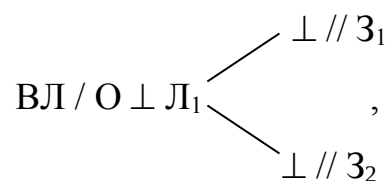
Виходячи з того, що для 3ЗМ, як правило, використовується одна ступінь рухомості, то загальна кількість теоретично можливих кінематичних варіантів для механізму 3ЗМ буде:

$$m_{kin} = 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 = 32. \quad (4.24)$$

Подібно можна визначити кількість кінематичних варіантів для кисті чи локально – операційних механізмів, якщо вони мають місце в двозахватному пристрої.

4.4.3. Теоретична кількість конструктивно – кінематичних варіантів.

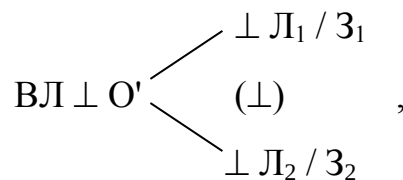
Визначена кількість кінематичних варіантів об'єднується з конструктивними варіантами, що дає можливість оцінити загальну кількість теоретично можливих варіантів для тієї чи іншої схеми (структури) двозахватного пристрою. Так, для одноланкового пристрою (рис. 4.6, а) зі структурою:



їх буде

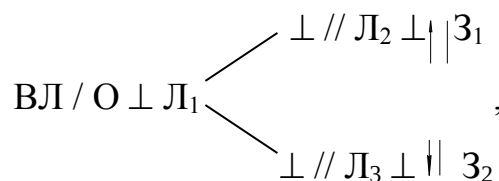
$$m_t = m_{\text{кон}}^m \cdot m_{\text{кін}}^m = 8192 \cdot 32 = 262144. \quad (4.25)$$

Для дволанкового пристрою (рис. 4.6, г) зі структурою:



$$m_t = m_{\text{кон}}^m \cdot m_{\text{кін}}^m = 16384 \cdot 32 = 524288. \quad (4.26)$$

Для трьохланкового пристрою (рис. 4.6, д) зі структурою:



кількість конструктивно – кінематичних варіантів:

$$m_t = m_{\text{кон}}^m \cdot m_{\text{кін}}^m = 14194304 \cdot 32 = 134217728. \quad (4.27)$$

Отримані результати свідчать, що кількість теоретично можливих варіантів виконань двозахватних пристроїв, навіть при прийнятих обмеженнях, є надзвичайно великим числом. А тому наступним важливим завданням є розробка методики

визначення з теоретично можливих варіантів, найбільш доцільних для різних виконань токарних комплексів.

4.7 Структурний аналіз доцільних варіантів двозахватних пристроїв ПР

Сформулювавши теоретичні основи визначення загальної кількості можливих варіантів, з урахуванням всіх принципово відмінних ознак, можна відзначити, що в цій достатньо великій кількості, практично доцільних варіантів значно менше.

Для обґрунтованого визначення питання доцільності необхідно усі варіанти розділити на групи: теоретично можливі; практично нереалізуємі; малодоцільні; доцільні.

Такий розподіл спочатку виконаємо окремо для конструктивних варіантів, щоб в підсумку вийти на доцільні конструктивно – кінематичні.

4.7.1 Структурний аналіз доцільних конструктивних варіантів

Початком вирішення поставленої задачі є використання теоретичних основ визначення загальної кількості варіантів. Кількість ланок та умови їх з'єднання є достатньо конкретними характеристиками двозахватних пристроїв, а тому вони реально визначають особливості будови та функціонування зазначених пристроїв. Основна складність питання полягає у виборі напрямків з'єднання ланок і захватів. Тому для дослідження питання послідовно розглянемо конструкції з різною кількістю ланок та різними умовами їх з'єднання.

Для пристроїв, які мають одну формуючу ланку умов з'єднання може бути дві. Коли ланка пристрою (L_1) приєднана до ВЛ однією з кінцевих частин або, коли L_1 з'єднується з ВЛ серединою (рис. 4.4, а). Відносно до напрямків приєднання має місце умова практичної нереалізуємості, коли ланка

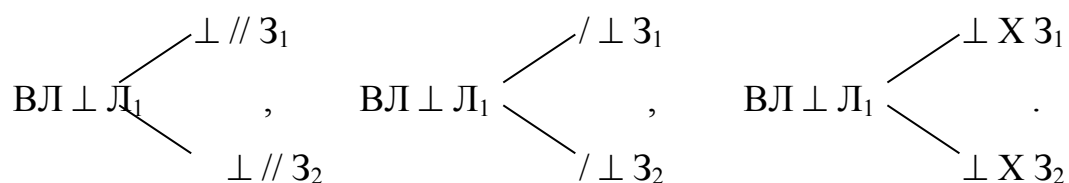
приєднується до ВЛ паралельно (//) чи перехресно (X). Враховуючи умови приєднання практично реалізуємі варіанти напрямків – співвісний (/) і перпендикулярний ($\perp$). Таким чином, для схем що мають одну ланку маємо теоретичних – $2 \cdot 4 = 8$ варіантів; практично не реалізуємих – $2 \cdot 2 = 4$ варіанти; відповідно практично реалізуємих – $2 \cdot 2 = 4$ варіанти.

Варіанти, коли ВЛ і L_1 з'єднуються між собою співвісно (/), слід віднести до малодоцільних, так як в цих схемах L_1 є продовженням вихідної ланки. Тому тільки два варіанти слід вважати доцільними – коли L_1 приєднується кінцевою частиною до ВЛ або серединою.

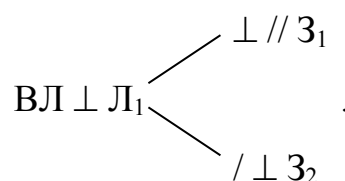
Із цих варіантів найбільш доцільним слід вважати варіант $ВЛ \perp L$ (рис. 4.4, а), так як він є симетричним і більш врівноваженим відносно ВЛ.

Приєднання захватів здійснюється до кінцевих частин ланок з різним напрямком. Тому для кожного із відібраних доцільних схем, що мають одну ланку, може бути $4 \cdot 4 = 16$ варіантів. Перша четвірка вказує на теоретично можливі напрямки приєднання вісі захвату до L_1 , а друга до ВЛ. Так як найбільш доцільним є варіант $ВЛ \perp L_1$, то ґрунтовно розглянемо приєднання захватів для цієї схеми. В цих умовах для напрямків з'єднання ($L_1 - Z_1$) варіанти з паралельним та перехресним напрямками нереалізуємі, а для напрямків $ВЛ - Z_1$ нереалізуємі співвісні.

Таким чином, для одноланкового пристрою маємо слідуєчі найбільш доцільні конструктивні варіанти (рис. 3.7, а, б, в) зі структурами:



Окрім цих варіантів, можуть бути й інші, які складаються з комбінації наведених схем та структурних формул, наприклад (рис. 4.7, г):



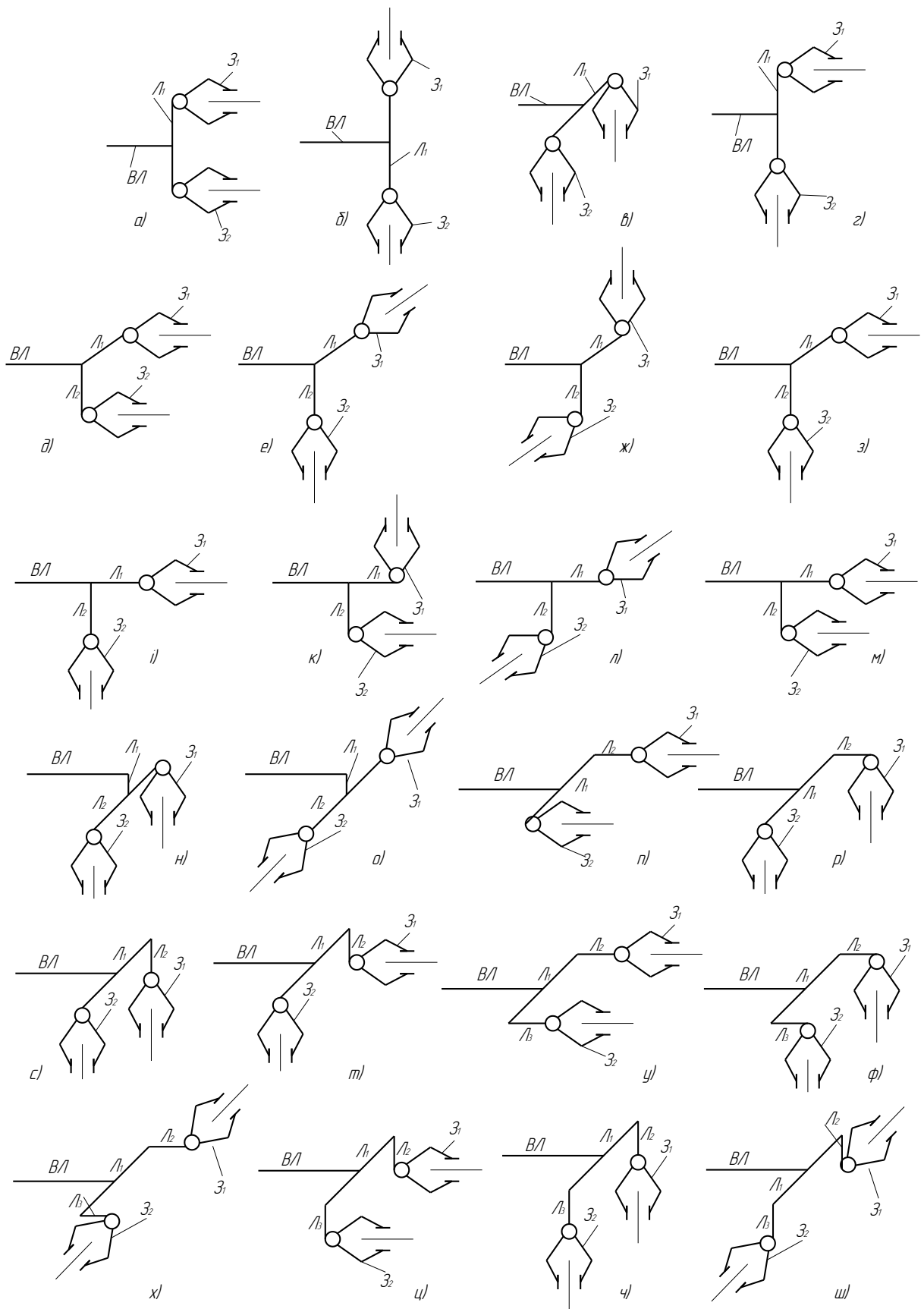


Рисунок 4.7 – Доцільні конструктивні схеми двозахватних пристроїв:

а - г – одноланкових; д - т – дволанкових; у - ш – трьохланкових.

Ці та інші конструктивні варіанти, розглядатися без наявності ступенів рухомості по ЗЗМ, локально – операційних механізмів чи кисті не будуть. Їх наявність вносить додаткові корективи в досліджувані питання, про що буде зазначено нижче.

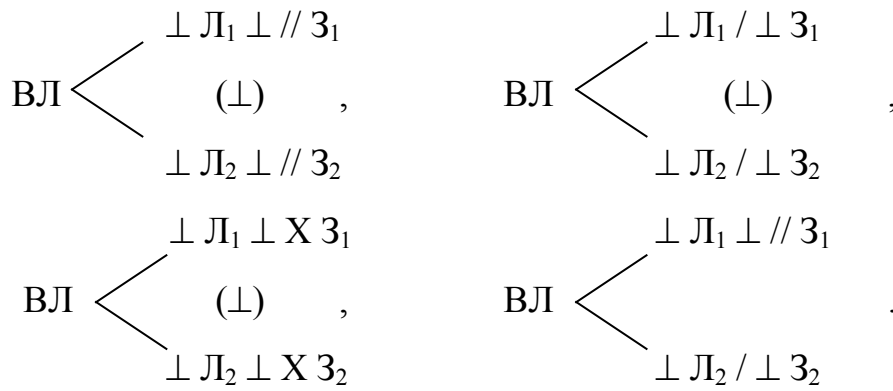
Для дволанкових пристроїв доцільними умовами з'єднання ланок слід вважати варіанти, що наведені на рис. 4.4, б, в, д, е, які побудовано відповідно до формул:

$$\begin{array}{ll}
 \begin{array}{c} \text{ВЛ} \begin{array}{l} \nearrow \perp L_1 \\ \searrow \perp L_2 \end{array} \end{array} & \begin{array}{c} (\perp) ; \end{array} \\
 \text{ВЛ} \perp L_1 & \begin{array}{c} \nearrow / L_1 \\ \searrow \perp L_2 \end{array} \end{array} \quad ; \quad \begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \end{array} \begin{array}{c} \nearrow \perp // L_2 \end{array} .$$

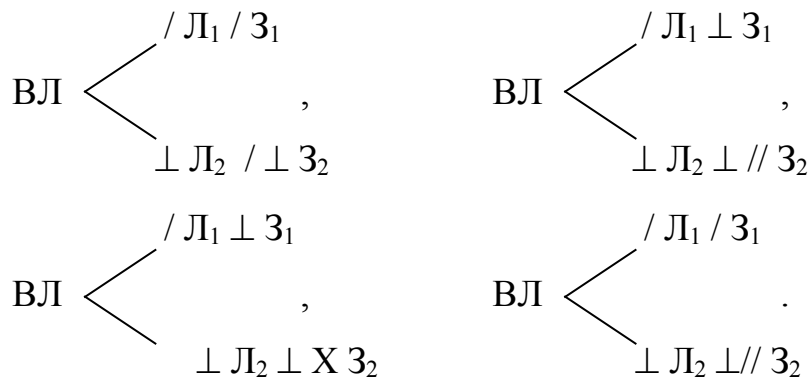
Розглядаючи в формулах подвійні позначення напрямків та аналізуючи інші їх виконання, можна за доцільний прийняти ще варіант (рис. 4.4, ж):

$$\begin{array}{c} \text{ВЛ} \perp L_1 \end{array} \begin{array}{c} \nearrow \perp \times L_2 \end{array} .$$

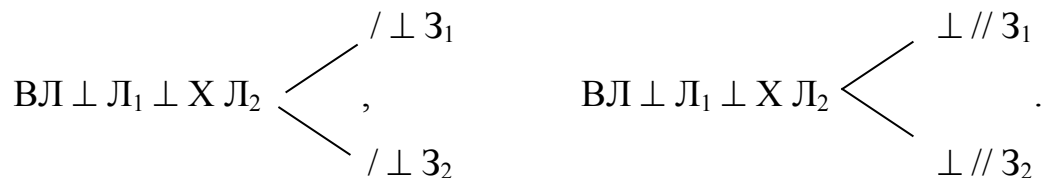
Кожний з відібраних варіантів, при приєднанні до нього двох захватів, теоретично має $(4 \cdot 4) \cdot (4 \cdot 4) = 256$ виконання. Усі вони, як і в одноланкових пристроях, пов'язані з напрямками приєднання вісі захватів як по відношенню до приєднувальної, так і до попередньої ланки. За цих умов, для напрямків з'єднань вісі захватів до приєднувальної ланки з паралельним чи перехресним напрямком є нереалізуємими. Відносно попередньої ланки, таке приєднання може бути доцільним відповідно до початкової схеми (рис. 4.4, б):



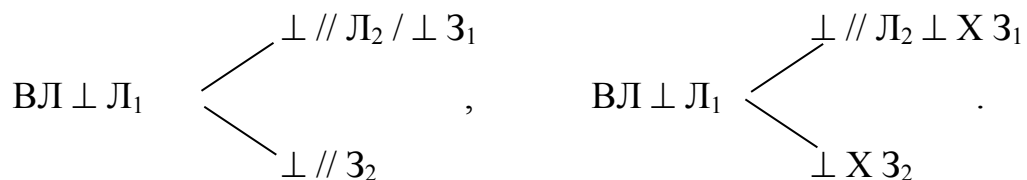
Для дволанкових пристроїв (рис. 4.4, д) доцільні варіанти приєднання захватів можуть бути (рис. 4.7, і, к, л, м):



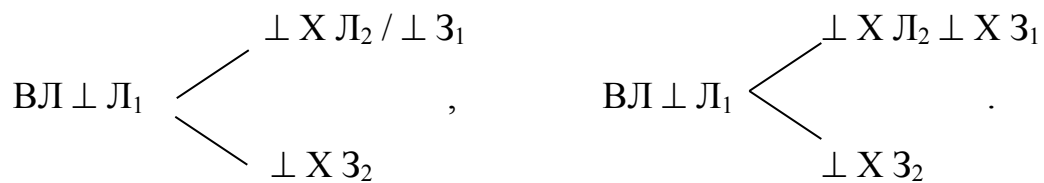
В умовах послідовного приєднання формуючих ланок (рис. 4.4, в, е, ж), методика визначення доцільних варіантів подібна тій, що наведена вище. Так, для варіанту (рис. 4.4, е) типові доцільні конструктивні варіанти, відповідно до структурних формул наведені на рис. 4.7, н, о:



Для варіанту з'єднання ланок (рис. 4.4, в) доцільні схеми, відповідно до їх структурних формул наведені на рис. 4.7, п, р:

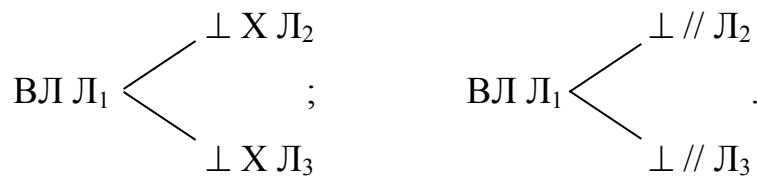


Для варіанту (рис. 4.4, ж) доцільні схеми наведені на рис. 4.7, с, т:

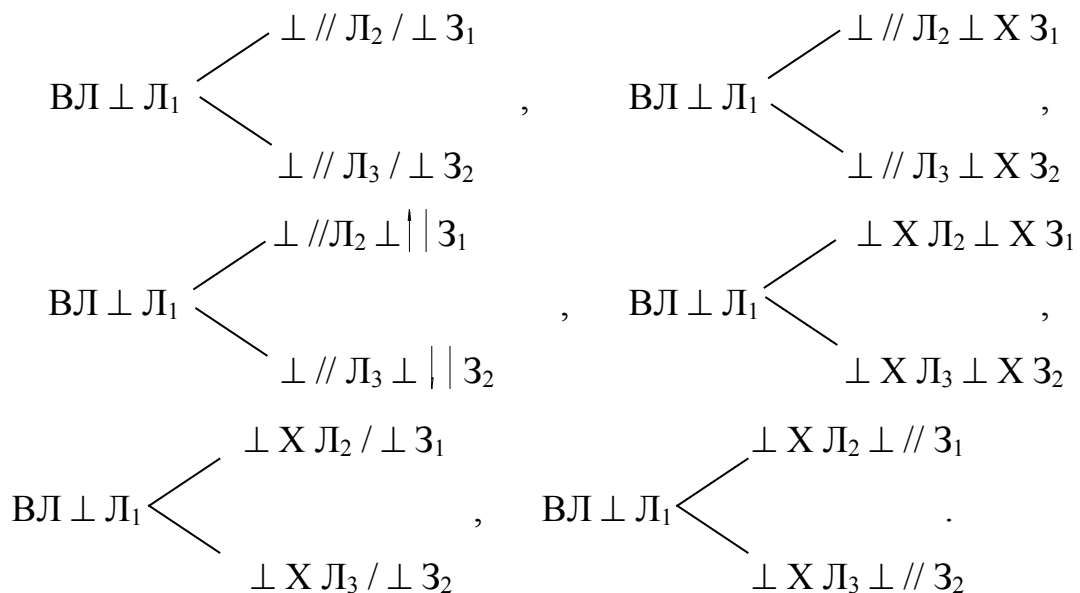


Із всіх наведених схем, більш доцільними слід вважати симетричні зрівноважені схеми (рис. 4.7, н, о).

Трьохланкові пристрої, за умовами з'єднання ланок, теоретично мають ще більшу кількість варіантів, але доцільними слід вважати симетричні схеми (рис. 4.4, к, з), які побудовані за формулами:



Кожний з них теоретично має 256 варіантів приєднання захватів. Із них доцільні варіанти визначаються подібно до пристроїв, що мають одну чи дві ланки. Тоді для кожної із схем доцільні варіанти представлені на рис. 4.7 (у – ш), і відповідно їх структурні формули:



На основі виконаного структурного аналізу визначені доцільні варіанти двозахватних пристроїв з різною кількістю формуючих ланок. Деякі із цих конструкцій можуть безпосередньо використовуватися в роботах, де необхідні рухи захватів по зміні їх місцями здійснюються ступенями рухомості руки ПР.

Такі варіанти більш енерговитратні, менш швидкісні та можуть вимагати більшого виробничого простору для їх реалізації. Тому, більш доцільно, в структуру двозахватного пристрою вводити спеціальні ступені рухомості для забезпечення процесу ЗЗМ.

4.7.2 Структурний аналіз доцільних конструктивно – кінематичних варіантів

Визначивши практично реалізуємі та доцільні конструктивні виконання, перейдемо до формування на їх основі конструктивно – кінематичних варіантів. Це досягається введенням в конструктивні схеми (структури) додаткових ступенів рухомості, що дасть можливість здійснювати необхідні рухи захватів і, в першу чергу, по зміні їх місцями. Тому спочатку розглянемо варіанти зі ступенями рухомості по ЗЗМ.

Вирішення поставленої задачі виконаємо послідовно для пристроїв з різною кількістю формуючих ланок. Так, для пристроїв з однією ланкою найбільш доцільні конструктивні варіанти наведені на рис. 4.8 (а – е). Для зміни захватів місцями необхідно ввести кінематичні пари, що мають бути розміщені між ВЛ та ланкою пристрою (Л) на якій закріплено захвати. Кінематичні пари п'ятого класу з різними конструктивними виконаннями (рис. 4.2) утворюють конструктивно прості виконання, які забезпечують процес ЗЗМ. Таким чином, ми маємо слідуючі варіанти кінематичних пар: П, П', О та О'. Використовуючи вказані пари для кожного з конструктивних варіантів, теоретично конструктивно – кінематичних варіантів буде – $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$. Перша четвірка вказує на чотири виконання кінематичних пар, а друга і третя – на теоретично можливі напрямки приєднання, як самої пари до ВЛ, так і ланки Л до кінематичної пари.

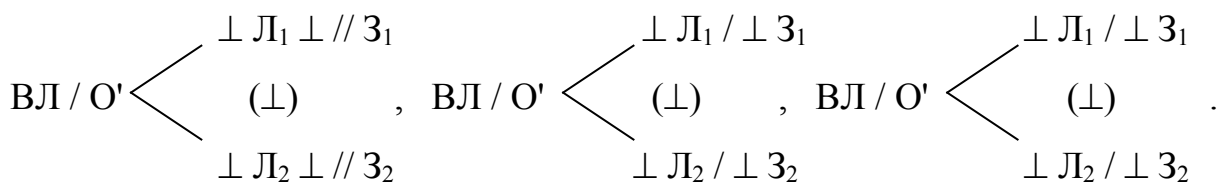
Кожна із кінематичних пар (П, П', О, О') до ВЛ може приєднуватися співвісно (/) та перпендикулярно ($\perp$), а паралельно (//) і перехресно (X) неможливо. При цьому доцільним є перпендикулярне приєднання кінематичних пар (рис. 4.8, а – г) та співвісне для обертової пари О (рис. 4.8, д, е). Відносно приєднання до кінематичної пари ланки (Л), маємо варіанти: ВЛ $\perp$ П / Л (рис. 4.8, а – співвісне);

ВЛ $\perp$ П' // Л (рис. 4.8, б – паралельне); ВЛ $\perp$ О $\perp$ Л (рис. 4.8, в – перпендикулярне); ВЛ $\perp$ О' Х Л (рис. 4.8, г – перехресне); ВЛ / О $\perp$ Л (рис. 4.8, д, е – перпендикулярне).

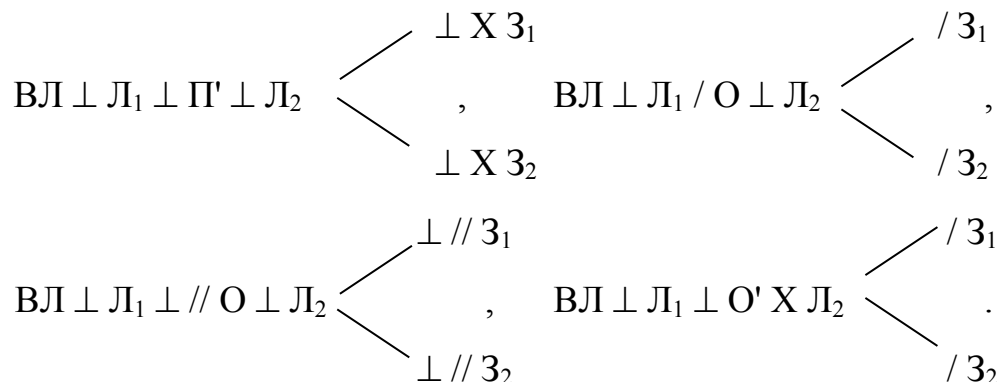
Інші варіанти приєднання ланок до кінематичних пар або не реалізуються, або не вирішують питання зміни захватів місцями. Реально, цю проблему не вирішує і варіант ВЛ $\perp$ П / Л, (рис. 4.8, а), але він є прийнятним для виконання відповідних операцій (затиск довгих деталей, тощо).

Для дволанкових пристроїв пошук доцільних конструкцій виконуємо на основі визначених конструктивних варіантів (див. рис. 4.7).

При паралельному приєднанні ланок кінематична пара механізму 3ЗМ може розміщуватися в точці з'єднання ланок. В якості такої пари може бути використана тільки обертова (поступальний рух майже не вирішує поставлену задачу). На основі обертових рухів (О і О') з різними напрямками приєднання кінематичної пари до ВЛ і різними варіантами з'єднання Л₁ і Л₂ з кінематичною парою можна представити наступні структурні виконання (рис. 4.8, ж, з, і):



При послідовному з'єднанні ланок в пристрої 3ЗМ може бути реалізована, як обертовими, так і поступальними рухами. Останні є менш доцільні як за масогабаритними параметрами конструктивної реалізації, так і за можливостями вільного підходу захватів до робочих позицій в РТК. Найбільш типові структури, та відповідні схеми (рис. 4.8, к – н) наступні:



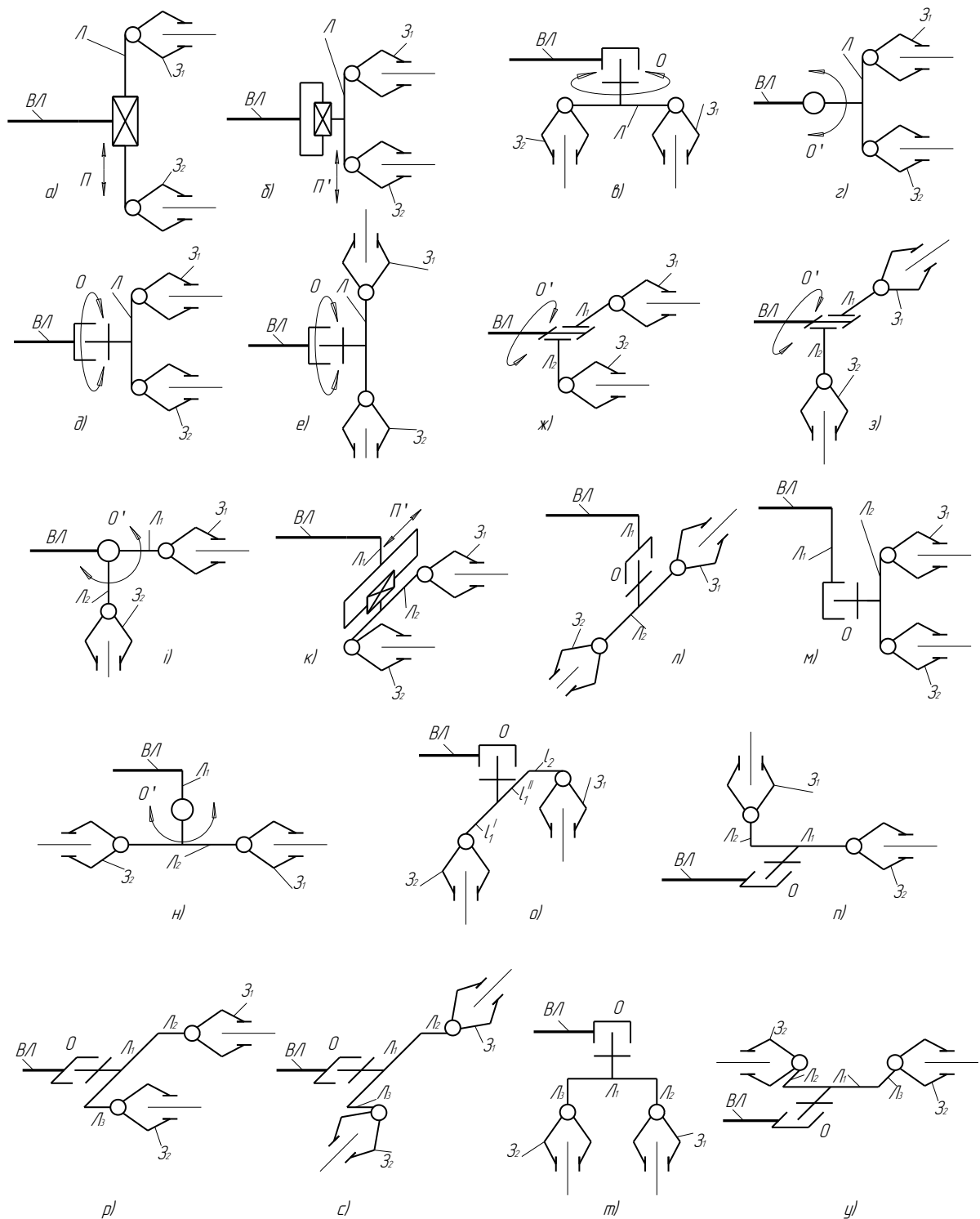


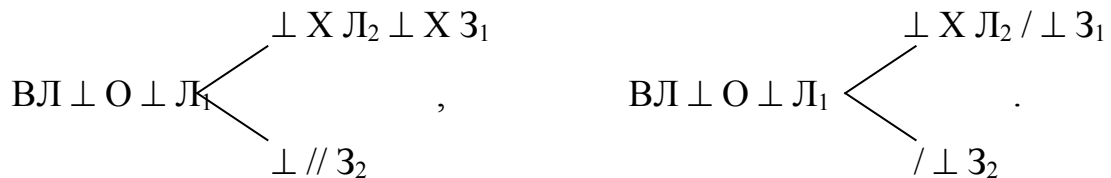
Рисунок 4.8 – Доцільні конструктивно – кінематичні схеми ДПР

Для конструктивних варіантів, в яких L_1 приєднується серединою до ВЛ, а до її кінцевої частини приєднується L_2 , кінематична пара механізму ЗЗМ також повинна розміщуватися в місці з'єднання ВЛ – L_1 . Обертові пари можуть бути використані в різних комбінаціях, але центри захватів при цьому (якщо L_1 буде

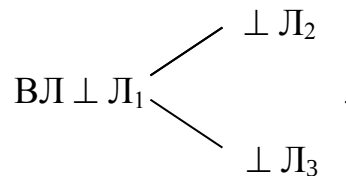
приєднана серединою до ВЛ) можуть не співпадати. Таке співпадання можливе, якщо відстань центрів захватів буде однакова до вісі обертання. А це можливо у випадку, коли L_1 буде приєднана не серединою своєї довжини до ВЛ, тобто коли буде виконана вимога:

$$l_1^I = \sqrt{(l_1^{II})^2 + l_2^2}. \quad (4.28)$$

Прикладами таких структур і схеми (рис. 4.8, о, п) будуть:

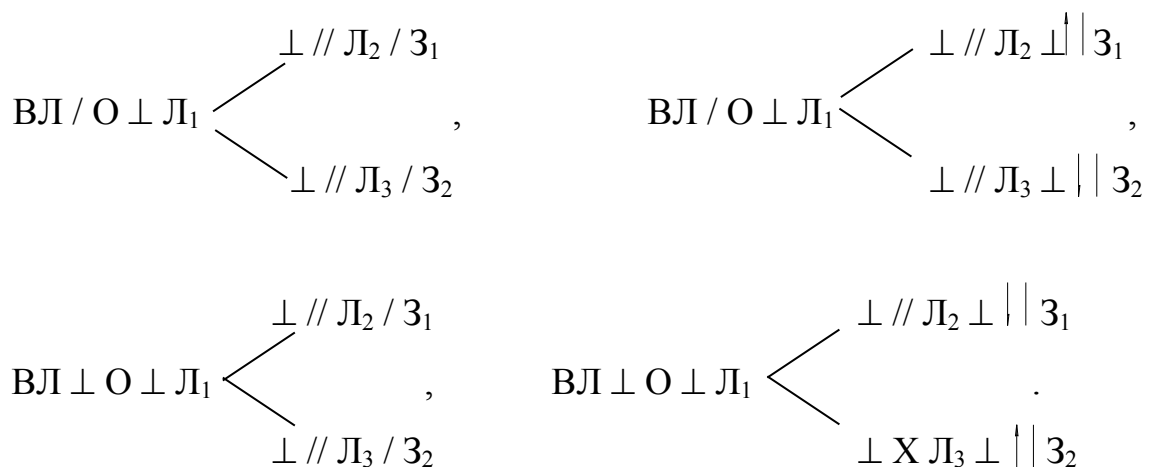


При аналізі трьохланкових пристроїв, виявлено один варіант із симетричним розміщенням ланок, узагальнена структура якого має вигляд:



Різновиди мають місце в напрямках приєднання ланок L_2 і L_3 по відношенню до ВЛ і напрямками приєднання захватів.

Кінематична пара механізму 3ЗМ в цих конструкціях, має розміщуватися в з'єднанні ВЛ – L_1 . Використання поступальних рухів є подібне попереднім варіантам, з тими ж особливостями. Найбільш доцільними є слідуєчі варіанти з обертовими рухами (рис. 4.8, р, у):



4.8 Висновки

На основі виконаних досліджень:

1. Розроблена методика кінематичного структурного аналізу та синтезу ДПР з різною кількістю ступенів рухомості та різним їх розподілом на окремі кінематичні групи, в залежності від їх функціонального призначення та приналежності до тієї чи іншої частини пристрою. Такими складовими прийнято механізм ЗЗМ, ступені рухомості кисті та локально – операційні ступені рухомості.

2. Для ґрунтового аналізу будови двозахватних пристроїв запропоновано в їх структурі виділяти конструктивну складову, яка залежить від кількості ланок, що формують пристрій, умов та напрямків їх з'єднання та особливостей приєднання до них захватів.

3. Для дослідження узагальненої будови та функціонування двозахватних пристроїв розроблено метод конструктивно – кінематичної структури, де у вигляді формул записуються конструктивні і кінематичні складові пристроїв, що дає змогу детально враховувати всі основні ознаки пристроїв, які досліджуються.

4. Розроблено теоретичні основи визначення загальної кількості можливих варіантів двозахватних пристроїв з різною кількістю ланок і кінематичних пар та умов їх з'єднання в завершену конструкцію.

5. Сформована методика, що забезпечила визначення найбільш доцільних схем пристроїв з відповідними структурними формулами.

6. Виконано структурне дослідження можливих комбінованих варіантів двозахватних пристроїв та сформовано методику визначення таких варіантів.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз варіантів технологічного процесу

Три операції базового технологічного процесу замінено на одну операцію в проектному техпроцесі.

Таблиця 5.1 – Характеристика змін при обробці деталі втулка

Номер опер.	базовий варіант		номер опер.	проектний варіант	
	Модель обладнання	$t_{ум},$ хв.		Модель обладнання	$t_{ум},$ хв.
005	16K20	3,8681	005	ЧПК Monfrts DNC 500	5,179
010	16K20	1,944			
020	2H135	1,958			
	Σ	7,7701		Σ	5,179

Порівняння ведеться на базі технологічної собівартості за принципом відхилень:

$$C_{tex} = a \cdot N_z + b$$

a - змінні витрати; b - постійні витрати.

$$a = M_o + Z_{одз} + C_{ел} + C_{рем} + C_{дм} + C_{ур} + C_{ом} + C_{ен}$$

M_o - витрати на основні матеріали – не змінюються, тому не розраховуються;

$Z_{одз}$ - основна та додаткова заробітна плата з відрахуваннями.

$$Z_{одз} = \frac{l_{ум}}{60} \cdot l_{год} \cdot k_{зн}$$

$k_{зн}$ - коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,67)

$$Z_{одз}^{баз} = \left[\frac{18,6}{60} (3,8681 + 1,944 + 1,958) \right] \cdot 1,1 = 2,65 \text{ грн.}$$

$$Z_{одз}^{пр} = \left[\frac{18,6}{60} 5,179 \right] \cdot 1,1 = 1,77 \text{ гр}$$

Таблиця 5.2 – Характеристика обладнання

N з\п	Модель обладнання	габаритні розміри, м×м	потужність двигунів, кВт	ремонтна складність, УРО	балансова вартість грн.
1	16K20	2,5X1,19	10	11	109250
2	2H135	1,24x0,81	2,2	8	27500
3	ЧПК Monforts DNC 500	5,13x2,4	30	33	1190000

Витрати на силову енергію

$$C_{ел} = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_{oi} \cdot K_n \cdot K_r}{\eta_{\delta} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot \Pi_{ел}$$

N_{ϵ} - потужність встановлених двигунів; $\Pi_{ел}$ - ціна силової електроенергії (1,42 грн. /кВт)

$$C_{ел005}^{баз} = \frac{10 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 0,95} \cdot \frac{3,8681}{60} \cdot 1,42 = 0,157 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на електроенергію силову

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	N_{ϵ} , кВт	$t_{ум}$, хв.	$C_{ел}$, грн.		N_{ϵ} , кВт	$t_{ум}$, хв.	$C_{ел}$, грн.
005	10	3,8681	0,157	005	30	5,179	0,63
010	10	1,944	0,079				
020	2,2	1,958	0,018				
Σ		7,7701	0,254	Σ			0,63

Витрати на ремонт

$$C_{рем} = \frac{W \cdot R \cdot K_e \cdot K_{ел} \cdot t_{ум}}{T_{рц} \cdot 60}$$

W - витрати на 1 одиницю ремонтної складності; R - ремонтна складність; $T_{рц}$ - тривалість ремонтного циклу.

$$C_{рем005}^{баз} = \frac{364 \cdot 11 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 3,8681}{20400 \cdot 60} = 0,02 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 – Розрахунок витрат на ремонт

номер опер.	базовий варіант				номер опер.	проектний варіант			
	R	W	$t_{ум}, \text{хв.}$	$C_{рем}$		R	W	$t_{ум}, \text{хв.}$	$C_{рем}$
005	11	364	3,8681	0,02	005	33	806	5,179	0,176
010	11	364	1,944	0,009					
020	8	364	1,958	0,007					
Σ			7,7701	0,036	Σ				0,176

Експлуатація приміщення

$$B_n = \frac{S_{\partial} \cdot B_{нл} \cdot t_{ум}}{F_{дрм} \cdot 60 \cdot \eta_{зн}}$$

S_{∂} - загальна площа, яку займає верстат;

$B_{нл}$ - вартість (річна) експлуатації 1 м² приміщення.

$$B_{н005}^{баз} = \frac{4,41 \cdot 3 \cdot 8,1 \cdot 3,8681}{3890 \cdot 60 \cdot 0,85} = 0,002 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.5 – Розрахунок витрат на експлуатацію приміщення

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	S_y	$t_{ум}$	B_n		S_y	$t_{ум}$	B_n
005	4,41	3,8681	0,002	005	7,45	5,179	0,003
010	4,41	1,944	0,0011				
020	1,004	1,958	0,0003				
Σ		7,7701	0,0034	Σ			0,003

Амортизація універсального обладнання

$$C_{аму} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{дрм} \cdot 60 \cdot \eta_n \cdot 100}$$

H_a - річна норма амортизації; $\Phi_{бал}$ - балансова вартість універсального обладнання.

$$C_{ам005}^{баз} = \frac{109250 \cdot 15 \cdot 3,8681}{3890 \cdot 60 \cdot 0,85 \cdot 100} = 0,32 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6 – Розрахунок амортизації універсального обладнання

номер опер.	базовий варіант			номер опер.	проектний варіант		
	$\Phi_{бал}$, грн.	$t_{ит}$, хв.	$C_{ам}$, грн.		$\Phi_{бал}$, грн.	$t_{ит}$, хв.	$C_{ам}$, грн.
005	109250	3,8681	0,32	005	1190000	5,179	4,66
010	109250	1,944	0,16				
020	27500	1,958	0,041				
Σ		7,7701	0,521	Σ			4,66

Постійні витрати

$$b = Z_{нал} + C_{ен} + C_{амсп}$$

$Z_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання.

$$Z_{нал} = \frac{t_{нз}}{60} \cdot l_{год}^{нал} \cdot A \cdot K_{зн}$$

$l_{год}^{нал}$ – годинна тарифна ставка налагоджувача;

$$Z_{нал}^{баз} = \frac{(14 + 14 + 14) \cdot 18,6}{60} \cdot 8 \cdot 1,48 = 154,16 \text{ грн}$$

$$Z_{нал}^{пр} = \frac{22 \cdot 18,6}{60} \cdot 8 \cdot 1,48 = 80,75 \text{ грн.}$$

$C_{сп}$ – витрати на спеціальне оснащення.

В проектному варіанті спеціальним оснащенням є керуючі програми для верстатів з ЧПК.

$$C_{сп} = 0,6 \cdot S_n$$

S_n – первісна вартість спеціального оснащення.

Вартість програми

$$S_n^{прогр} = T_{прогр} \cdot l_{год}^{пр} \cdot K_{зн}$$

$T_{прогр}$ – трудомісткість розробки програми;

$l_{год}^{пр}$ – годинна ставка програміста;

$K_{зн}$ – коефіцієнт додаткової зарплати.

Таблиця 5.7 – Розрахунок трудомісткості керуючої програми

номер опер.	Кількість поверхонь	Кількість розмірів	Трудомісткість розробки, н/год.				
			операц. карти	керуючої програми	карти налагод- жування інструмен- ту	карти кодування	Σ
проектний							
005	9	14	6,01	30,0	0,8		36,81
Σ							36,81

$$S_n^{np} = 36,81 \cdot 20,5 \cdot 1,48 = 1116,82 \text{ грн.} \quad C_{en}^{np} = 0,6 \cdot 1116,82 = 670,09 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.8 – Розрахунок технологічної собівартості

N з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		базовий варіант	проектний варіант
1	2	3	4
I. Змінні витрати			
1	Заробітна плата	2,65	1,77
2	Силова енергія	0,254	0,66
3	Ремонт обладнання	0,036	0,176
4	Допоміжні матеріали	0,1	0,22
5	Амортизація універсального обладнання	0,521	4,66
6	Експлуатація приміщення	0,0034	0,003
	Σ	3,56	7,489
II. Постійні витрати			
1	Налагоджування обладнання	154,16	80,75
2	Спеціальне оснащення	-	670,09
	Σ	154,16	750,84
	Технологічна собівартість	7274,16	15728,84

$$C_{tex}^{baz} = 3,56 \cdot 2000 + 154,16 = 7274,16 \text{ грн.}$$

$$C_{tex}^{np} = 7,489 \cdot 2000 + 750,84 = 15728,84 \text{ грн.}$$

Розрахунок критичної програми

$$N_{кр} = \frac{b^{np} - b^{баз}}{a^{баз} - a^{np}}$$

$$N_{кр} = \frac{750,84 - 154,16}{3,56 - 7,489} = -152 \text{ шт.}$$

$$C_{кр} = a_{np} \cdot N_{кр} + b_{np}$$

$$C_{кр} = 7,489 \cdot (-152) + 750,84 = -387,49 \text{ грн.}$$

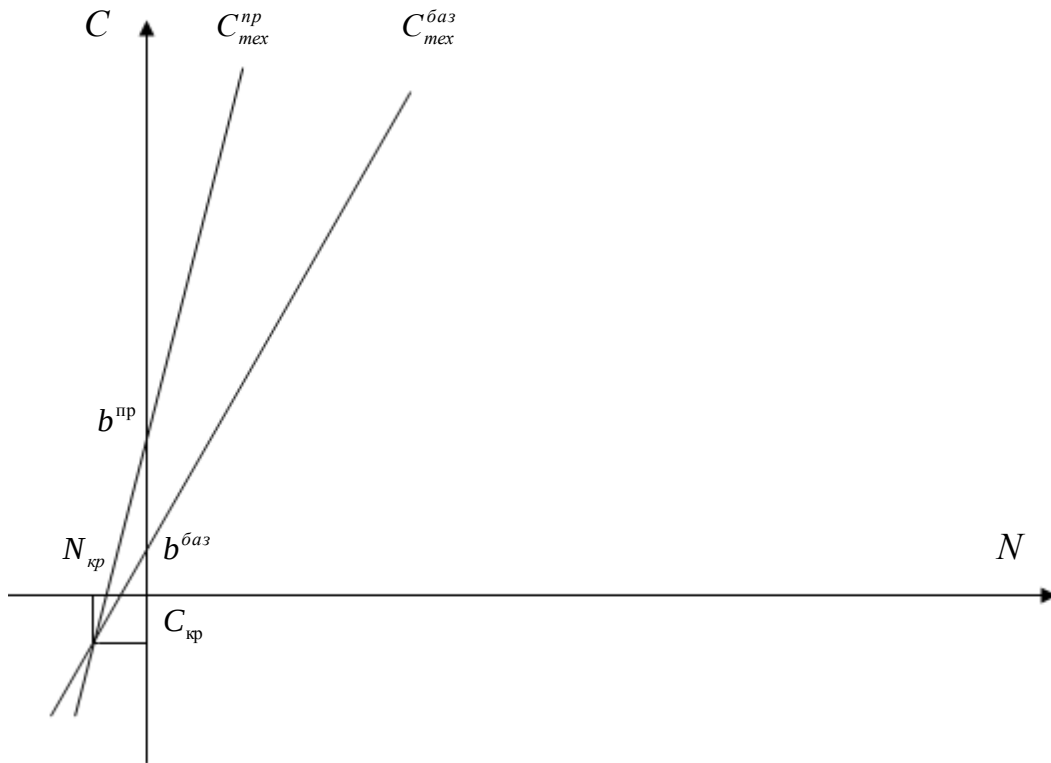


Рисунок 5.1 – Графік порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі втулка за варіантами

Річний економічний ефект:

$$E_{річн} = (C_{тех}^{баз} + E \cdot K^{баз} \cdot \eta^{баз}) - (C_{тех}^{np} + E \cdot K^{np} \cdot \eta^{np})$$

$K^{баз}$, K^{np} – капіталовкладення по варіантах; E – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень; $\eta^{баз}$, η^{np} – коефіцієнт завантаження обладнання;

$$K = K_{б\ddot{y}д} + K_{обл} + K_{осн}$$

$$K_{б\ddot{y}д}^{баз} = 3 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 850 = 408000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{б\ddot{y}д}}^{np} = 1 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 850 = 136000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{обл}}^{\text{баз}} = 109250 \cdot 2 + 27500 = 246000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{обл}}^{np} = 1190000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{осн}}^{\text{баз}} = 0,07 \cdot 246000 = 17220 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{осн}}^{np} = 0,07 \cdot 1190000 = 83300 \text{ грн.}$$

$$\eta^{\text{баз}} = 0,014$$

$$\eta^{np} = 0,014$$

$$K^{\text{баз}} = 408000 + 246000 + 17220 = 671220 \text{ грн.}$$

$$K^{np} = 136000 + 1190000 + 83300 = 1409300 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{річн}} = (C_{\text{тех}}^{\text{баз}} + E \cdot K^{\text{баз}} \cdot \eta^{\text{баз}}) - (C_{\text{тех}}^{np} + E \cdot K^{np} \cdot \eta^{np})$$

$$E_{\text{річн}} = (7274,16 + 0,16 \cdot 671220 \cdot 0,014) - (15728,84 + 0,16 \cdot 1409300 \cdot 0,014) = \\ = -10109 \text{ грн.}$$

Висновок: базовий варіант технологічного процесу виготовлення деталі втулка є економічно вигіднішим ніж проектний. Отриманий річний ефект становить -10109грн. Разом з тим використання токарного з ЧПК Monforts DNC 500 є доцільним, тому що при дрібносерійному виробництві досить часто змінюється вид виробленої продукції.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена технологія обробки втулки 0603.22.016. У відповідності до існуючого типу виробництва було запропоновано використання сучасних обробних центрів з ЧПК. Для запропонованого технологічного процесу були розроблені структура та зміст операцій, вибране технологічне обладнання, визначені режими різання і технічно обґрунтована норма часу.

2. Зпроектовані конструкції затискного спеціального пристрою та контрольного пристрою індикаторного типу.

3. Розроблено методику кінематичного структурного аналізу та синтезу ДПР з різною кількістю ступенів рухомості та різним їх розподілом на окремі кінематичні групи, в залежності від їх функціонального призначення та приналежності до тієї чи іншої частини пристрою.

4. Для дослідження узагальненої будови та функціонування двозахватних пристроїв розроблено метод конструктивно – кінематичної структури, де у вигляді формул записуються конструктивні і кінематичні складові пристроїв, що дає змогу детально враховувати всі основні ознаки пристроїв, які досліджуються.

5. Розроблено теоретичні основи визначення загальної кількості можливих варіантів двозахватних пристроїв з різною кількістю ланок і кінематичних пар та умов їх з'єднання в завершену конструкцію.

6. Усі прийняті у кваліфікаційній роботі технічні та технологічні рішення обґрунтовані техніко-економічними розрахунками. Річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології становить 101090 грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Мн.:Выш. Школа, 1983.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В.М. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс.-3-е изд. Переработанное и дополненное-М.: Машиностроение, 1980.
3. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/П.А. Руденко-К.: Выща школа, 1991.
4. Методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 0501-Кировоград. КИСХМ-1986.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т1.,2-М.: Машиностроение, 1982.
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-М.: Издательство стандартов, 1992.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках.-М.: Машиностроение, 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II-Москва.: Экономика, 1990.
9. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Под редакцией Б.Н. Вардашкина, -М.: Машиностроение, 1984.
10. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990.
11. А.К. Кутай. Справочник контрольного мастера.-Л.: Лениздат, 1980.
12. Справочник технолога-машиностроителя. /Под редакцией А.Г. Косиловой.- М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1956.
13. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 374с.

14. Справочник по промышленной робототехнике. / Под ред. Ш. Нофа – М.: Машиностроение, 1989.
15. Справочник металлиста. Т.3. Под редакцией А.Н.Малова/Е.Д. Баклунов, А.К. Белопухов и др. –М.: Машиностроение, 1977.
16. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей. /Под ред. Соломенцева Ю.М. - М.: Машиностроение, 1987 - 140с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Н. Малова/ В.Н. Гриднев, В.В. Достачов и др. –М.: Машиностроение, 1972.
18. Механика промышленных роботов. В 3-х к. /Под ред. Фролова К.Ф., Воробьева Е.И. – М.: Высшая школа, 1988.
19. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420.
20. Павленко І.І. Промислові роботи та РТК. Монографія – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2016. – 492с.
- 21.Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392с.
- 22.Павленко І.І. Структура промислових роботів. Кіровоград: КІСМ, 1998. – 98с.
23. Павленко І.І., Мажара В.А. Особливості структурної будови двозахватних конструкцій промислових роботів // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково – технічний збірник. – Вип. 32 – Кіровоград: КДТУ, 2002. – С. 154 – 157.
- 24.Павленко І.І., Мажара В.А. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Вип. 17 – Краматорськ: ДДМА, 2005. – С. 131 – 137.
- 25.Павленко І.І., Мажара В.А. Продуктивність функціонування двозахватних промислових роботів на позиціях допоміжних пристроїв // Прогресивні технології і системи машинобудування. Міжнародний збірник наукових праць. – Вип. 30 – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 170 – 175.

- 26.Павленко І.І., Мажара В.А. Кінематична структура двозахватних пристроїв промислових роботів // Збірник наукових праць КНТУ. – Вип. 17 – Кіровоград: КНТУ, 2006. – С. 278 – 282.
- 27.Павленко І.І., Мажара В.А. Конструктивна структура двозахватних пристроїв промислових роботів // Збірник наукових праць КНТУ. – Вип. 17 – Кіровоград: КНТУ, 2006. – С. 292 – 296.
- 28.Павленко І.І., Мажара В.А. Конструктивно – кінематична структура двозахватних пристроїв промислових роботів // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Вип. 19 – Краматорськ – Київ, 2006. – С. 104 – 109.
- 29.Павленко І.І., Мажара В.А. Дослідження впливу використання двозахватних пристроїв на продуктивність роботи РТК // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе. В 5-ти томах. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. Т.5 – С. 282 – 287.
- 30.Павленко І.І., Мажара В.А. Теоретичні основи аналізу кількості виконань двозахватних промислових роботів // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – № 3 – Тернопіль: ТДТУ, 2006. – С. 53 – 58.
- 31.Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник. /Под ред. Великанова К.М.-Л.: Машиностроение. Ленинградское отд., 1989.
32. Економічні та організаційно-планові розрахунки при проектуванні цеху механічної обробки. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування». /Укл. Журило І.В., Романюк Л.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017 – 25 с.