

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Механіко-технологічний факультет

(назва структурного підрозділу)

Кафедра «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Проект модернізації конструкції промислового робота з комбінованим приводом для автоматизації процесу механічної обробки деталей обертання з оцінкою якості такої конструкції»

Виконав: студент групи ТМ-20М

за спеціальністю

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Бондаренко О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проф., д.т.н. Павленко І.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Зав. Кафедрою доц., к.т.н. Гречка А.І.

(прізвище та ініціали)

Кропивницький - 2021 року

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бондаренко				Пояснювальна записка. Зміст		Літ.	Аркуш
Перевір.	Павленко							
							ЦНТУ	
Н.контр.							Гр. ТМ - 20М	
Затвер.	Гречко							

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 131. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА
(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну магістерську роботу

.Бондаренко Олександра Івановича
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема проекту: Проект модернізації конструкції промислового робота для автоматизації процесу механічної обробки деталей обертання з оцінкою якості такої конструкції

керівник проекту: Павленко Іван Іванович, проф., докт. техн. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року
№

2. Строк подання студентом проекту

3. Вихідні дані до проекту

3.1. Креслення деталі

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі

3.3. Вимоги до модернізації конструкції промислового робота

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Загальна частина

4.2 Технологічна частина

4.3 Конструкторська частина

4.4 Дослідна частина

4.5 Економічна
частина

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

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		2

5.1. Схема механічної обробки деталі 1А1; 5.2. Гідро-пневматична схема 1А1;
5.3. Загальний вид ПР 1А1; 5.4. Поступальний привод руки 2А1; 5.5. Двозахватний пристрій 1А1; 5.6. Циклограма роботи робота 1А1; 5.7. Дослідна частина 1А1
Всього: 8 аркушів А1

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з / п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальна частина	20.09.2021	
2	Технологічна частина	05.10.2021	
3	Конструкторська частина	25.10.2021	
4	Дослідна частина	05.11.2021	
5	Економічна частина	10.11.2021	
6	Розробка креслень	01.12.2021	
7	Розробка специфікацій	06.12.2021	

Студент _____ Бондаренко О.І.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Павлик І.І.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		2

Анотація
кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти
Бондаренко Олександр Іванович, гр. ТМ-20М

Випускна кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр» виконана на тему «Проект модернізації конструкції промислового робота з комбінованим приводом для автоматизації процесу механічної обробки деталей обертання з оцінкою якості такої конструкції».

В випускній кваліфікаційній роботі виконаний аналіз існуючих конструкцій приводів та особливосте будови промислових роботів. Зокрема, конструктивні схеми механізму горизонтального переміщення, механізму повороту, механізму піднімання руки робота.

У технологічній частині проаналізовано точність та технологічність деталі привідний вал. Повністю розроблено технологію її виготовлення. У конструкторській частині розроблено промислового робота з комбінованим приводом. Виконано розрахунок механізму горизонтального переміщення руки та захватного пристрою.

У дослідній частині проведені структурні дослідження по визначенню продуктивності роботизованих комплексів та визначена залежність продуктивності роботизованих комплексів від часу роботи промислового роботу та верстата. Визначена також економічна доцільність результатів роботи.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Зміст

Вступ.....	
1. Загальна частина.....	
1.Аналіз існуючих конструкцій приводів промислових роботів.....	
1.1.Особливості вирішення поставленого завдання.....	
1.2.Аналіз характеристик існуючих конструкцій роботів.....	
1.3.Особливості будови роботів.....	
1.3.1.Конструктивна схема механізму горизонтального переміщення руки робота.....	
1.3.2.Конструктивна схема механізму повороту руки.....	
1.3.3.Конструктивна схема механізму піднімання рук.....	
1.3.4.Повзун руки.....	
1.3.5.Механізм повороту кисті.....	
1.3.6.Захват робота.....	
1.4.Система керування робота та його програмування.....	
1.5.Пневматична схема робота.....	
1.6.Послідовність настроювання робота.....	
1.7.Висновки.....	
2.Технологічна частина.	
2.1.Аналіз точності і технологічності деталі.....	
2.2. Вибір методу виготовлення заготовки	
2.3.Вибір методів обробки поверхонь деталі.....	
2.4.Розробка маршруту виготовлення деталі.....	
2.5.Вибір технологічних баз.....	
2.6.Розробка структури технологічного процесу.....	
2.7.Вибір технологічного обладнання.....	
2.8.Вибір верстатних пристроїв.....	
2.9.Вибір ріжучих інструментів.....	
2.10.Вибір вимірювальних інструментів та пристроїв.....	

2.11.	Розрахунок припусків та операційних розмірів.....
2.12.	Розрахунок режимів різання.....
2.13.	Технічне нормування операцій.....

3.Конструкторська частина.

3.1.	Промисловий робот з комбінованим приводом.....
3.2.	Розрахунок механізму горизонтального переміщення руки.....
3.2.1.	Загальні умови визначення сил переміщення.....
3.2.2.	Визначення сили приводу механізму переміщення.....
3.2.3.	Визначення модулів зубчастих коліс.....
3.2.4.	Уточнення значень допустимих напружень.....
3.2.5.	Розрахунок шпонкового з'єднання.....
3.3.	Розрахунок захватного пристрою.....
3.3.1.	Будова та робота пристрою.....
3.3.2.	Розрахунок сил затиску.....

4.Дослідна частина.

4.1.	Загальні особливості визначення якості конструкцій роботів.....
4.2.	Структурні дослідження по визначенню продуктивності роботизованих комплексів.....
4.3.	Аналіз продуктивності роботизованого комплексу.....
4.4.	Залежність продуктивності РТК від часу роботи ПР та верстата.....
4.5.	Основні напрямки вдосконалення конструкцій роботів та виробничого їх використання.....

5.Економічна частина.....

Література.....

ВСТУП

За останні десятиріччя автоматизація основних технологічних операцій, досягла такого рівня, що допоміжні операції, пов'язані із транспортуванням і складуванням деталей, розвантаженням і завантаженням технологічного обладнання, що виконуються вручну або за допомогою існуючих засобів механізації та автоматизації, гальмують як підвищення продуктивності праці, так і подальше удосконалення технології. Долають цю проблему за допомогою тотального впровадження у виробничі процеси промислових роботів, роботизації.

Вимоги до роботизації, найбільш узагальнюючим є отримання економічного ефекту від використання промислових роботів. В цьому плані головними напрямками є складові вартості виконуємої роботи. Це, в значній мірі, залежить від вартості робота, складності його конструкції, надійності в роботі, та інших частин роботизованого комплексу. Цим вимогам найбільш повно відповідають роботи спрощених конструкцій як достатні за своїми функціональними характеристиками до вимог виконуваних робіт по роботизованому обслуговуванню металорізального обладнання. Тому в практиці роботизації широке розповсюдження отримали промислові роботи зі спрощеними цикловими системами програмного керування, пневматичним приводом, однорукого та одно захватного виконання. Такі особливості конструкцій роботів мають обмежені можливості по роботі з деталями вагою більше 10кг. та необхідність більших значень часу для виконання операцій по завантаженню і розвантаженню верстатів, що значно знижує продуктивність та ефективність їх роботи.

Виходячи з цих особливостей в роботі ставиться завдання по використанню в їх конструкції комбінованих приводів та механічних систем дворуког чи двозахватного виконання

Актуальним залишається завдання модернізації конструкції промислового робота для розширення функціональних можливостей та підвищення ефективності використання у виробництві при автоматизації та механізації допоміжних

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

операцій: встановлення і знімання заготовок з обслуговуваного технологічного обладнання при механічній обробці на металорізальних верстатах, що є найбільш поширеним у машинобудуванні.

На даний час для вирішення цього завдання використовують багато різних конструкцій промислових роботів різного виконання та іншими різними технічними і організаційними особливостями їх використання.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1. Аналіз існуючих конструкцій приводів промислових роботів

1.1. Особливості вирішення поставленого завдання

Поставлене в проєкті завдання по модернізації типової конструкції промислового робота має основну мету по розширенню функціональних їх можливостей та підвищенні ефективності використання у виробництві при автоматизації та механізації допоміжних операцій: встановлення і знімання заготовок з обслуговуваного технологічного обладнання при механічній обробці на металорізальних верстатах, що є найбільш поширеним у машинобудуванні. На даний час для вирішення цього завдання використовують багато різних конструкцій промислових роботів різного виконання та іншими різними технічними і організаційними особливостями їх використання.

Виходячи із головної вимоги до роботизації, найбільш узагальнюючим є отримання економічного ефекту від використання промислових роботів. В цьому плані головними напрямками є складові вартості виконуємої роботи. Це, в значній мірі, залежить від вартості робота, складності його конструкції, надійності в роботі, та інших частин роботизованого комплексу. Цим вимогам найбільш повно відповідають роботи спрощених конструкцій як достатні за своїми функціональними характеристиками до вимог виконуваних робіт по роботизованому обслуговуванню металорізального обладнання. Тому в практиці роботизації широке розповсюдження отримали промислові роботи зі спрощеними цикловими системами програмного керування, пневматичним приводом, однорукого та однозахватного виконання. Такі особливості конструкцій роботів мають обмежені можливості по роботі з деталями вагою більше 10кг. та необхідність більших значень часу для виконання операцій по завантаженню і розвантаженню верстатів, що значно знижує продуктивність та ефективність їх роботи. Виходячи з цих особливостей в роботі ставиться завдання по використанню в їх конструкції комбінованих приводів та механічних систем дворуког чи двозахватного виконання.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

1.2. Аналіз характеристик існуючих конструкцій промислових роботів

Для виконання послідовуючих робіт по модернізації подібних варіантів промислових роботів відповідно до поставленого завдання розглянемо приклад таких характеристик [17,29].

Технічні характеристики робота.

Число ступенів рухомості.....	5
Переміщення руки робота:	
по горизонталі, мм.....	350 - 600
по вертикалі, мм.....	0 - 100
поворот, град.....	0 - 210
Переміщення повзуна, мм.....	0 - 70
Поворот кисті, град.....	0 - 180
Швидкість переміщення руки:	
по горизонталі, мм/с.....	600
по вертикалі, мм/с.....	300
повороту, град/с.....	90
Швидкість переміщення повзуна, мм/с.....	600
Швидкість повороту кисті, град/с.....	90
Вантажопід'ємність, кг.....	10
Точність позиціонування, мм.....	± 0,3
Тип приводу.....	пневматичний
Система керування.....	циклова
Програмоносій.....	програмна панель
Споживча потужність, кВт.....	0,45
Габаритні розміри, мм.....	1400x620x830
Вага, кг.....	275

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

1.3. Особливості будови робота.

Більшість існуючих конструкцій промислових роботів складаються з механічної руки 1, яка за допомогою приводів та їх двигунів здійснює необхідні лінійні та обертові рухи які необхідні для виконання заданих операцій. Рука робота може бути забезпечена додатковими приводами, наприклад: кисті; захвата; повзуна та ін. механізмів, які також необхідні для якісного функціонування робота. При цьому наведені механізми також можуть реалізовувати лінійні та обертові рухи. За ознакою типу привода досить розповсюдженими є пневматичні приводи які є більш простими за конструктивним виконанням, мають високу швидкодію та простими у використанні. Пневмоапаратура таких приводів складається із набору стандартних комплектуючих елементів, які серійно випускаються, а тому є досить практично привабливими в створенні і зручними у експлуатації. Системи керування таких роботів є простішими, а відповідно дешевшими, що сприяє створенню кращих умов для отримання економічного ефекту від використання їх у виробництві. Налагодження величини переміщень рухомих ланок робота здійснюється регулюванням спеціальних упорів та механізмів позиціонування, а послідовність рухів відповідних ланок робота задається системою керування.

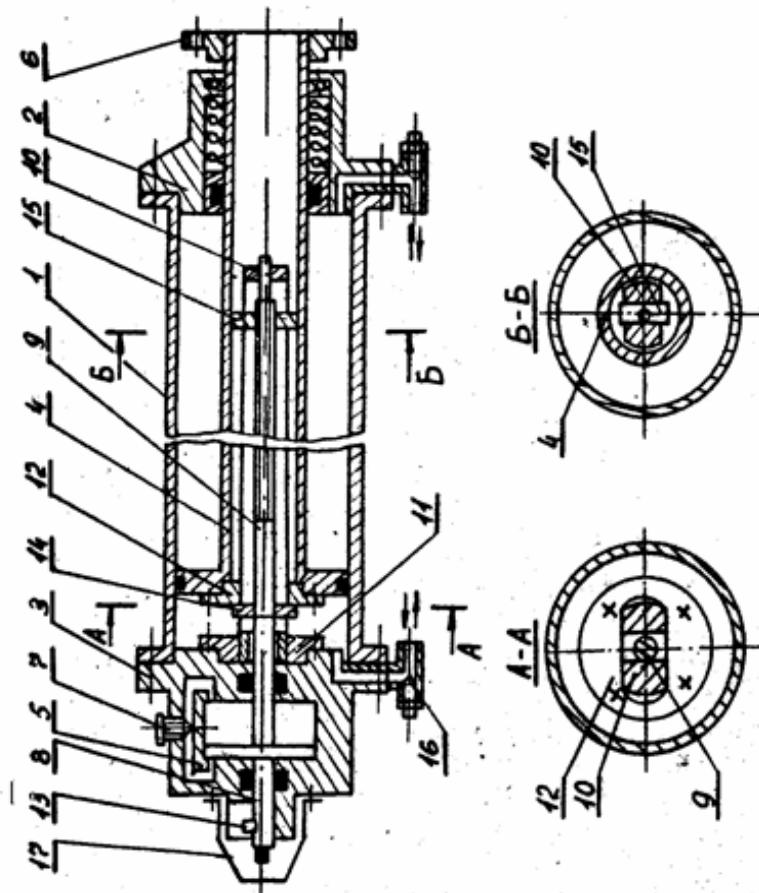
Приклади конструктивного виконання деяких типових приводів промислового робота наведено нижче.

1.3.1. Конструктивна схема механізму горизонтального переміщення руки робота.

Основна частина руки складається з циліндра 1 (рис.1.1), кришок 2 та 3, поршня з порожнистим штоком 4, демпфера 5. На штоці є фланець 6 для закріплення кисті або повзуна. Демпфер 5, являє собою пневмоциліндр з дроселем 7 на перепускному каналі, з'єднуючим його порожнини. Шток 8 демпфера жорстко з'єднаний з гвинтом (тягою) 9, розташованим співвісно порожнистому

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

плоскому стержню 10, який закріплений від повороту фланцем 11 на задній кришці 3.



До поршню закріплено фланець 12, який охоплює плоский стержень 10, фіксуючий поршень та шток від провертання під час робочих ходів. В процесі роботи шток 8 та гвинт 9 стопоряться від повороту гвинтом 13, який переміщується в пазі корпусу демпфера 5. Гвинт 9 забезпечений двома упорами: нерухомим 14 і рухомим 15, виконаним у вигляді гайки. Упори обмежують переміщення штока 4 розмішені у повздовжньому пазу стержня 10. Підведення стиснутого повітря в циліндр здійснюється через дроселі 16, які служать для регулювання швидкості руху штока 4. При подачі повітря в ліву порожнину циліндра 1 поршень із штоком 4 переміщується до контакту фланця 12 з упором 15. Після цього починається переміщення поршня демпфера 5, що забезпечує витискання повітря з однієї порожнини демпфера в іншу через регульований дросель 7, здійснюючи повільну зупинку штока 4. При ході штока 4 назад фланець 12 в кінці руху взаємодіє з

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата			

упором 14. Це забезпечує переміщення поршня демпфера 5 в друге крайнє положення, здійснюючи демпфірування руху. Регулювання положення упора 15 здійснюється обертанням гвинта 9. Для цього необхідно зняти ковпачок 17, вивернути гвинт 13, і, обертаючи шток 8, одержати потрібний виліт штока 4.

1.3.2.Конструктивна схема механізму повороту руки робота.

Механізм повороту (рис.1.2) виконаний у вигляді неповноповоротного (моментного) циліндра, який складається із корпусу 1, верхнього 2, нижнього 3 фланців, рухомого 4 та нерухомого 5 секторів. Рухомий сектор 4, за допомогою ліців з'єднаний з пустотілим валом 6, встановленим в підшипниках 7 і 8. На вал насаджена опора – кронштейн 9 з кришкою 10 для закріплення руки. За допомогою фланця 2 моментний циліндр закріплюється до колони механізму підйому. На опорі 9 закріплені гідродемпфери 11 і вилка 12 з трьохплечим важилем 13. На корпусі 1 встановлені: упор проміжний 14 у вигляді пневмоциліндра односторонньої дії для зупинки руки у середньому положенні і регульовані упори 15, обмежуючі його крайні кутові положення.

Працює механізм таким чином. При подачі повітря в одну з порожнин моментного циліндра, вал 6 з опорою 9 вільно повертається до контакту важеля 13 з одним із упорів 15. Після цього здійснюється поворот важеля 13, який діє на один з демпферів 11, здійснюючи гальмування. Плавність гальмування досягається регулюванням гвинтів 16.

Для зупинки руки в середньому положенні повітря подається в циліндр проміжного упору 14. Упор висувається і при повороті руки контактує з важилем 13, зупиняючи обертання вала 6, і відповідно, руки робота.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

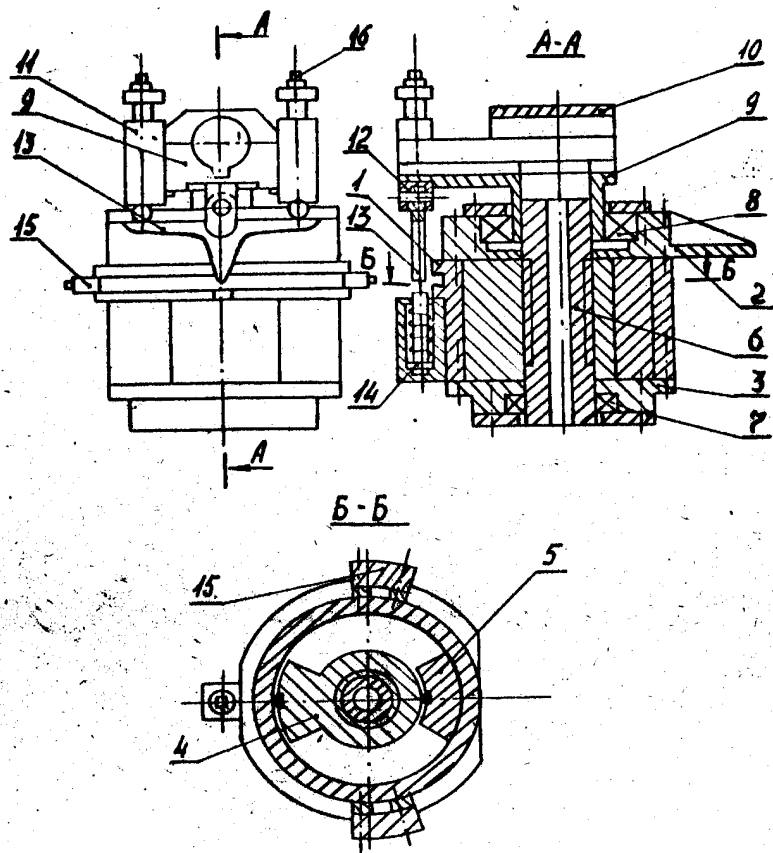


Рис.1.3

8

Конструктивна схема механізму повороту руки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ

Арк.

1.3.3. Конструктивна схема механізму піднімання руки робота.

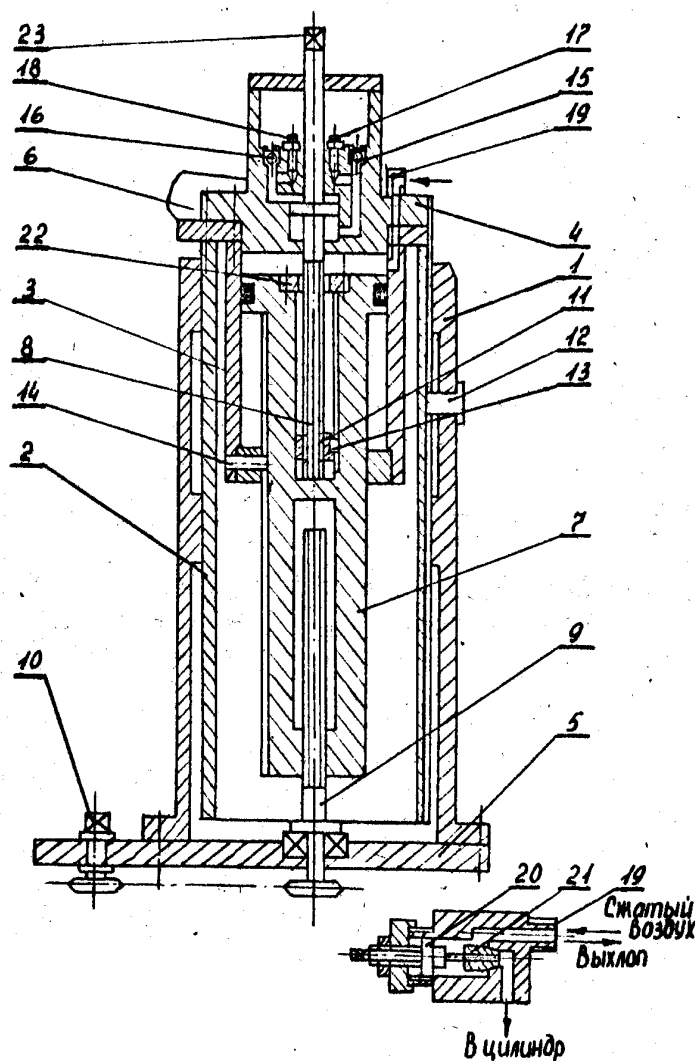


рис.1.4

Конструктивна схема механізму вертикального переміщення руки

Механізм піднімання (рис.1.4) служить для вертикального переміщення руки і складається з стійки 1, видвижної колони 2, пневмоциліндра 3 з гідродемпфером 4, домкрата 5.

Корпус пневмоциліндра 3 з'єднаний болтами з кронштейном 6 (фланцем моментного циліндра) та колоною 2. Порожнистий шток 7 пневмоциліндра має дві розмежовані порожнини. В одній з них розташована гвинтова пара, гвинт 8, якої виконаний спільно зі штоком гідродемпфера 4; в іншій – гвинт 9, зв'язаний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата
-----	------	----------	--------	------

МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ

Арк.

ланцюговою передачею з віссю 10, яка призначена для установчого регулювання руки робота по висоті. Колона 2, гайка 11, шток 7 фіксуються від повороту за допомогою шпонок 12, 13 і штифта 14, ковзаючи по відповідним пазам. Кожна порожнина гідродемпфера 4 з'єднана каналами через зворотні клапани 15, 16 та дроселі 17, 18 із масляною ванною. Для регулювання швидкості висування колони 2 передбачений дросель 19, який включає в себе регульований шток 20 і вільноплаваючий клапан 21.

Працює механізм підйому таким чином: при подачі повітря через дросель 19 у верхню порожнину пневмоциліндра його корпус 3 і колона 2 переміщуються відносно нерухомого поршня до моменту контакту гайки 11 з фланцем 22, закріпленим на поршні, після чого починається гальмування. В цей час, при переміщенні поршня гідродемпфера, масло витискається з нижньої порожнини через дросель 17 в масляну ванну. При цьому клапан 15 закривається, а клапан 16 відкривається і через нього засмоктується масло в протилежну порожнину гідродемпфера. При випусканні повітря з пневмоциліндра колона 2 під дією закріплених на ній вузлів робота опускається вниз до моменту зіткнення гвинта 8 з штоком 7, після чого починається гальмування за рахунок переміщення поршня гідродемпфера і витискання масла через дросель 18 з верхньої порожнини.

Регулювання вертикального переміщення колони здійснюється обертанням гвинта 8 за його хвостовик 23, а регулювання опускання колони – за допомогою дросельного гвинта, розміщеного в плиті блоку повітрерозподільвача.

1.3.4. Повзун.

Повзун (рис.1.5,а) являє собою пневмоциліндр двохсторонньої дії і складається з циліндра 1, поршня з штоком 2 та повзуна 3. Повзун переміщується

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

відносно циліндра в прямокутних направляючих. Регулювання руху повзуна в межах 0...70 мм здійснюється за допомогою гвинта 4, положення якого фіксується втулкою 5.

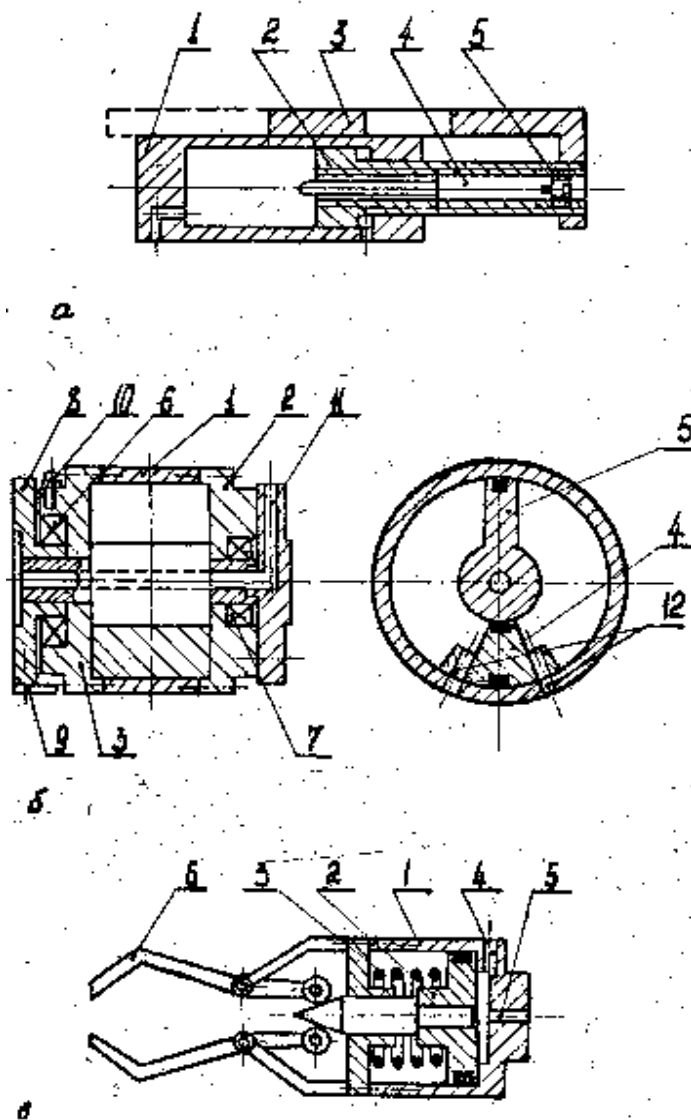
1.3.5. Механізм повороту кисті.

Механізм повороту кисті (рис.1.5,б) складається з корпусу 1, кришок 2 та 3, нерухомого сектора 4, лопасті 5 неповноповоротного (моментного) циліндра. Лопасть повертається в підшипниках 6 і 7. З валом лопасті жорстко з'єднаний фланець 8, до якого прикріплений захват робота.

На фланці 8 розміщений упор 9, а на кришці 3 упори 10, обмежуючі поворот лопасті. По каналу 11 повітря підводиться до привода захвата, а по каналам 12, які виконані в кріпильних болтах, - в моментний циліндр.

При подачі повітря в одну з порожнин циліндра відбувається поворот кисті до контакту упорів 9 та 10.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



рис

Конструктивна схема повзуна, кисті та захвату.

1.3.6. Захват.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ

Арк.

Привод захвата (рис.1.5, в) являє собою пневмоциліндр односторонньої дії і складається з корпусу 1, поршня 2 і пружини 3. Привод забезпечений двома каналами відведення повітря 4 і 5. При закріпленні його безпосередньо до фланця руки, або до повзуна канал 5 повинен бути заглушений. При кріпленні до механізму повороту кисті повинен бути заглушений канал 4. Затискаючі губки захвата - змінні для кожної конкретної деталі, з якою повинен працювати робот.

1.4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТА

ТА ЙОГО ПРОГРАМУВАННЯ.

Система керування (СК) забезпечує керування шістьма рухами з семи можливих: горизонтальним та вертикальним переміщенням руки, поворотом її навколо вертикальної осі, поворотом кисті, рухом захвата висуванням проміжного упора привода повороту чи рухом повзуна.

В одному циклі кожний рух можна відтворюватись чотири рази. СК робота дозволяє також видавати команди на керування роботою верстата та інших пристроїв і одержувати від них команди про закінчення ними рухів.

Органи керування і програмування розміщені на панелі блока керування (БК) (рис.6) і включає в себе: перемикач режиму роботи 1, перемикач тривалості тактових імпульсів 2, чотири кнопки керування зовнішнім обладнанням 3 і шість тумблерів 4 керування рухами робота в ручному режимі, тумблер відключення керування зовнішнім обладнанням 5, тумблер керування циклом 6, кнопку “Пуск” 7, кнопку для подачі повітря в пневмережу “Повітря” 9 і кнопку 14 аварійної зупинки.

Панель програмування 10 має 150 тактових гнізд та 67 гнізд для керування технологічним обладнанням і роботом за допомогою комутаційних провідників 11. Світлодіоди 12 призначені для індикації робочого гнізда панелі програмування, а тумблер 13 – для включення мережі.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Виконання запрограмованого руху починається в момент подачі тактового імпульса, вироблюваного генератором тактових імпульсів, на гніздо панелі, в яку встановлено комутаційний провідник. Так як імпульс обігає гнізда панелей по рядках, то програмування послідовності виконання руху також здійснюється по рядках: з двох рухів, запрограмованих в одному рядку, першим починається той, який запрограмований на початку рядка.

Проміжок часу проходження імпульсів на двох сусідніх гніздах задається генератором тактових імпульсів і може вибиратись з наступними значеннями: 100, 150, 200, 300 мс.

Цей проміжок відповідає часу між початком виконання двох суміжних команд, запрограмованих в обох сусідніх гніздах. Введення більш тривалих витримок часу між сусідніми командами досягаються збільшенням числа пропускаємих гнізд. Тоді час витримки буде дорівнювати добутку витримки часу, встановленого тумблером, на кількість пропущених міжгніздових проміжків. Затримка часу визначається можливістю або не можливістю сумісного виконання двох команд (наприклад, якщо чергова команда повинна виконуватись лише після завершення попередньої, то затримка часу повинна гарантувати закінчення виконання попередньої команди до початку виконання наступної).

Здійснення потрібних рухів досягаються з'єднанням одного з 150 тактових гнізд з відповідним гніздом керування роботом (яке вказує на необхідне направлення руху) або технологічним обладнанням. Кожний рух в циклі може програмуватись не більше чотирьох разів. Потрібна послідовність досягається такою ж послідовністю з'єднання комутаційних провідників гнізд панелі керування з гніздами необхідних рухів.

Кнопки 3 (КНЗ...КН6) на панелі управління служать для ручного

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

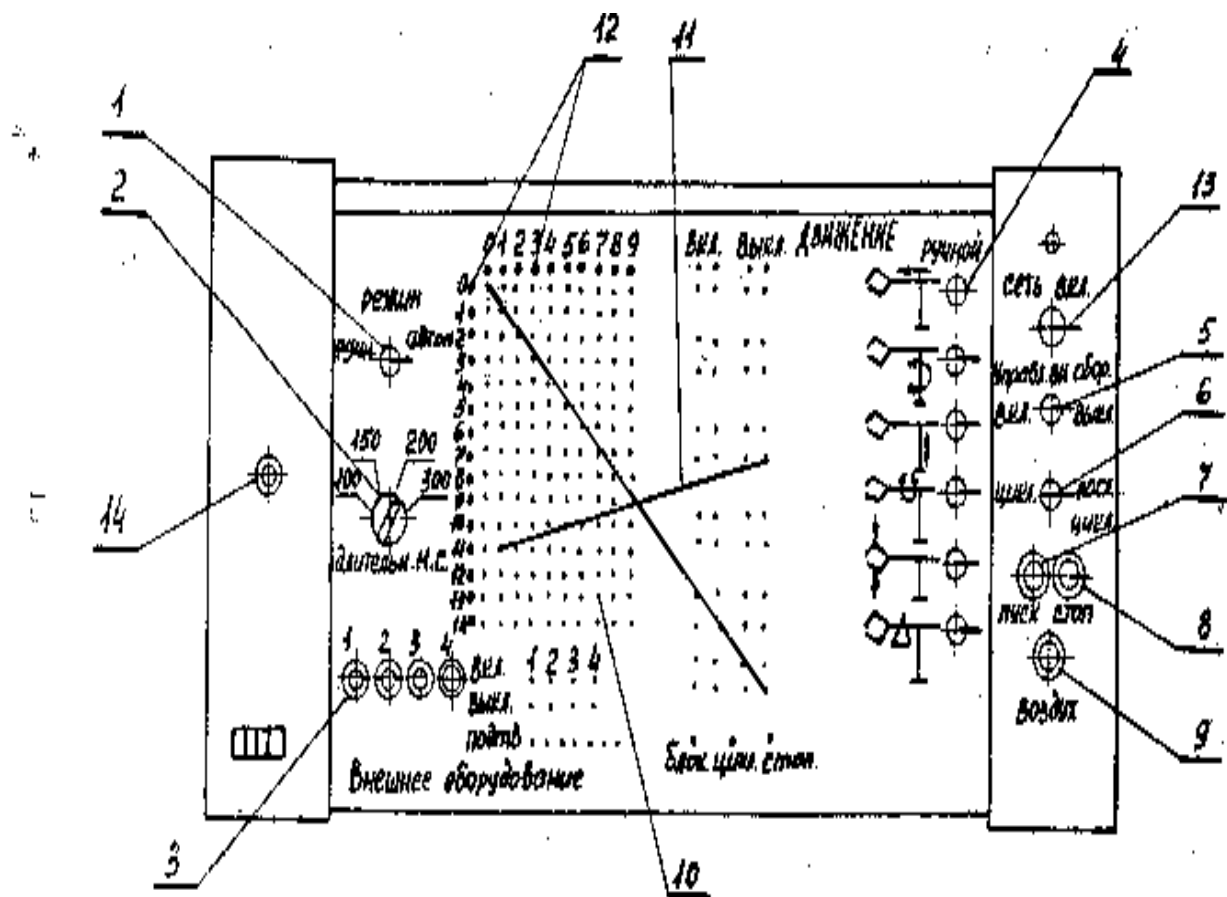


Рис 1.6

Пульт керування робота

У випадку використання в циклі блокувальних сигналів при записі програм необхідно задіяти гнізда ланцюга “Підтвердження”. “Підтвердження” використовують для одержання інформації про стан зовнішнього обладнання (ЗО) і руки: рука втягнута – не втягнута; верстат ввімкнений – не ввімкнений. Датчики стану, контролюючи ЗО і руки робота встановлюються відповідно на цих елементах керування ЗО. Команда “Зміщення захвата” програмується замість команди “Поворот кисті”.

1.5. ПНЕВМАТИЧНА СХЕМА РОБОТА.

Пневмосхема (рис.1.7) включає вузол підготовки повітря та блок повітрерозподілювачів.

Вузол підготовки повітря складається з фільтра – вологовідділювача 3, регулятора тиску 4, манометра 5, маслорозбризкувача 6. До цього вузла входить також реле тиску 2, яке відмикає електроживлення робота при падінні тиску в цеховій магістралі нижче мінімального значення ($3,8 \dots 4,0 \text{ кгс/см}^2$) і повітрерозподілювач 1(1), відмикаючий повітря у випадку припинення подачі електроенергії.

Блок повітрерозподілювачів складається з панелі, на якій закріплені шість повітрерозподілювачів 1(2) – 1(7) та глушник 7. Повітрерозподілювачі з'єднані поліетеленовими трубками з пневмоциліндрами робота; підйому 9, повороту 10 і горизонтального переміщення руки 11, повзуна 12, кисті 13, захвата 14 і проміжного упора 15.

Для регулювання швидкостей переміщення механізмів робота передбачені дроселі 8(1) – 8(4).

Для регулювання швидкості переміщення виконавчих механізмів робота передбачені дроселі 8(5)-8(10), які розташовані в панелі блоку розподілу повітря.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

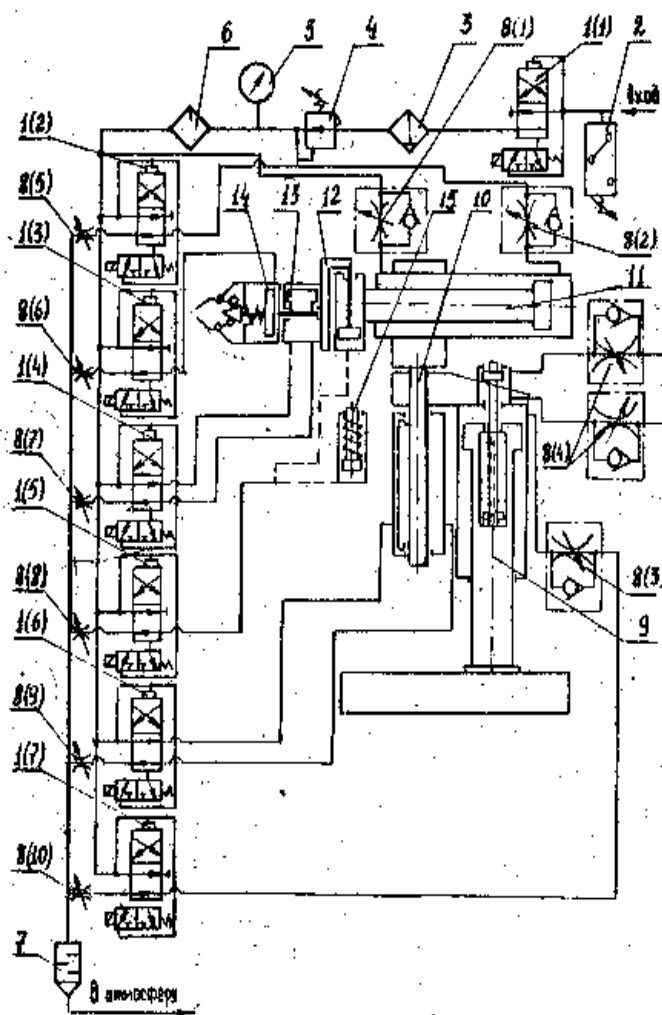


Рис 1.7

1.6. ПОСЛІДОВНІСТЬ НАСТРОЮВАННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ РОБОТА.

По циклограмі, яка задається умовами роботи робота, здійснюється розміщення комутаційних провідників з початку на схемі гнізд панелі керування (рис.1. 8), а потім на панелі керування робота. Потрібне переміщення по кожній ступені рухомості робота забезпечується регулюванням упорів 10 – 15 (див. рис. 1.1) на роботі.

В процесі налагодження, коли виставляються упори необхідно: ввімкнути тумблер “Мережа”, тумблер “Ручн.” - “Авт.” поставити в положення “Ручн.”, ввімкнути кнопку “Повітря”, ввімкнути кнопку “Пуск”, потім тумблерами ручного режиму здійснити рух ланок робота по окремих ступенях рухомості, перевіряючи правильність розташування упорів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата
-----	------	----------	--------	------

МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ

Арк.

Робота в автоматичному режимі здійснюється таким чином: тумблер “Упр.облад.” знаходиться в положенні “Вкл.”, електроживлення вмикається тумблером “Мережа”. При натисканні кнопки

“Повітря” в систему повітрерозподільника робота подається повітря. Тумблер “Ручн.” – “Авт.” встановлюється в положення “Авт.”.

Після перевірки правильності налаштування та налагодження робота вмикається т в роботу

1.7. Висновки

Із наведених особливостей будови та роботи типових механізмів конструкцій промислових роботів з спрощеними системами управління можна зробити наступні висновки:

1. Такі конструкції роботів більш прості за виконанням, мають менші функціональні можливості але й меншу вартість, що більш сприятливо для отримання економічного ефекту від використання їх у виробництві.
2. Розглянуті приклади таких типових конструкцій механізмів приводів роботів мають менші експлуатаційні можливості так як забезпечують регульовану зупинку руки робота в двох крайніх точках і тільки в окремих випадках ще додаткову проміжну – третю точку, що значно зменшує можливості робота по його якісному використанню у виробництві та зменшують можливість переміщувати більш важкі деталі.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2. Технологічна частина

2.1 Аналіз точності та технологічності деталі

Деталь привідний вал ПВ10.01 відноситься до широкорозповсюдженого технологічного класу деталей “тіл обертання”. Вона має досить відповідну до функціонального призначення конструктивну форму, що дозволяє застосовувати сучасні технологічні методи обробки деталі, які підвищують коефіцієнт використання матеріалу та продуктивність процесу обробки, має зручні технологічні бази, а також вільний доступ різального і вимірювального інструментів до всіх оброблювальних поверхонь [5,6].

Деталь виготовлюється з легованої сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-75, що дозволяє якісно виконувати службове призначення як в плані силового навантаження так і зносостійкості в процесі експлуатації.

Із аналізу конструкції деталі, в плані механічної обробки, можна виявити деякі елементи, обробка яких створює певні труднощі:

а) центрові отвори, мають спеціальну форму, що потребує застосування спеціального різального інструменту;

б) виготовлення шліцьової поверхні можливе при наявності спеціального різального інструменту;

в) обробка зубчастої поверхні потребує високоточного спеціального інструменту та обладнання і для її здійснення необхідно значний час.

Інші поверхні являють собою сукупність простих геометричних елементів та не викликають труднощів при обробці.

Точності параметри деталі наведені в табл.. 2.1. відповідно до рис.2.1.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.1 Відомості про точність поверхонь деталі

№ пов.	Найменування поверхні деталі	Розміри з відхил., мм	Квалітет точності	Точність форми та розташув.	Шорсткість поверхні, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Центрові отвори	Ø5; R12,5			2,5
2	Різьбові отвори	M8	6H		12,5
3	Шліци прямобічні	Ø42 ^{-0,09 -0,112} $\phi = 7$ ^{-0,035 -0,200}	13 12		5
1	2	3	4	5	6
4	Канавка під стопорне кільце	$\phi = 1,9$ ^{+0,14} Ø39,5 _{-0,25}	13		3,2
5	Галтель	R2 ^{+0,14}	14		12,5
6	Зубчастий вінець	$m = 9$; $Z = 9$ $x +0,258$	***		2,5
7	Зовнішня циліндрична	Ø55 ^{-0,06 -0,09}	7	▬ 0,005 ○ 0,005 ↗ 0,01	0,16
8	Торці зубчастого вінця	48,025 _{-0,025}	7	▬ 0,012 ↗ 0,012	0,16
9	Зовнішня циліндрична	Ø103,6 _{-0,035}	6	↗ 0,01	0,63
10	Зовнішня циліндрична	Ø46 _{-0,62}	14		12,5
11	Зовнішня циліндрична	Ø46 _{-0,1}	10	↗ 0,03	0,32
12	Корпус	30°			12,5

№ пов.	Найменування поверхні деталі	Розміри з відхил., мм	Квалітет точності	Точність форми та розташув.	Шорсткість поверхні, мкм
13	Торці	$330_{-0,89}^{+0,09}$	13		12,5
14	Фаски	$1 \times 45^\circ$ $1,6 \times 45^\circ$			12,5
15	Зовнішня циліндрична	$\varnothing 42_{-0,112}^{+0,09}$	13		1,25
16	Канавки для виходу інструмента	$\varphi = 3 \text{ max}$ $\varnothing 54_{-0,52}^{+0,09}$			

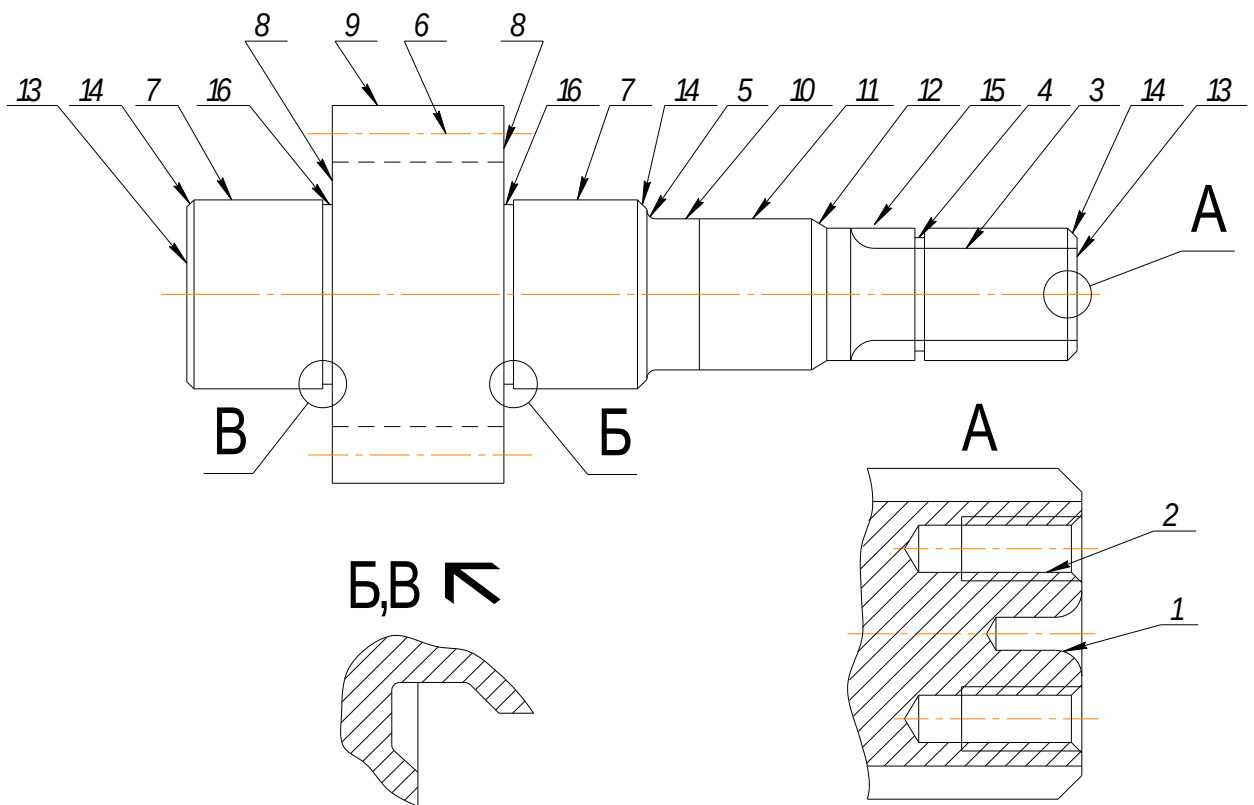


Рис. 2.1 Ескіз деталі до аналізу точності

2.2. Вибір методу отримання заготовки

Метод отримання заготовки визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, серійністю випуску та ін [1, 10].

Перед вибором методу отримання заготовки проведемо аналіз матеріалу деталі.

В якості матеріалу для виготовлення деталі шестерня ведуча НШ250-4-01 прийнято конструкційну леговану сталь 18ХГТ за ГОСТ 4543-71. Сумарний вміст легуючих елементів в сталі складає 2,5...10%. Сталь 18ХГТ відноситься до групи хромомарганцевих сталей. Ця марка сталі застосовується, як правило, для валів, які працюють при циклічних навантаженнях.

Основний вид термічної обробки – цементация та нітроцементация, які забезпечують високу зносостійкість робочих поверхонь та досить велику статичну міцність. Після цементации слідує загартування при температурі 880...950°C та охолодження на повітрі, далі – низьке відпускання при 200°C.

Таблиця 2.2.Хімічний склад сталі 18ХГТ

Марка сталі	Склад елементів, %				
	C	Mn	Cr	Ti	S+P
18ХГТ	0,17...0,23	0,8...1,1	1,0...1,3	≤0,09	<0,035

Таблиця 2.3.Механічні властивості матеріалу деталі

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	Твердість НВ	Твердість цементованого шару HRC	Твердість серцевини HRC
18ХГТ	900	1000	156...159	56...62	30...45

Отже, в умовах дрібносерійного типу виробництва при програмі запуску $N_3 = 2000$ шт для даного типу деталі та умов її роботи найбільш доцільним вважаю метод отримання заготовки – поковка у підкладному штампу. Даний метод дозволяє отримати заготовку масою до 15 кг з припусками від 3 мм та допусками на розміри від 2,5 мм. Якість поверхні заготовки $Ra \geq 12,5$ мкм з точністю за ГОСТ 7829-70. Товщина дефектного шару $Rz+T = 1500$ мкм. Завдяки пластичній деформації забезпечується волокниста структура, яка підвищує міцність зуб'їв заготовки. Коефіцієнт використання матеріалу $K_{BM} = 0,85...0,95$.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.3. Вибір методів обробки окремих поверхонь.

Методи отримання окремих поверхонь деталі вибираємо, виходячи з умови, що загальне фактичне уточнення та необхідне уточнення знаходилися у слідує чому співвідношенні [26,49]:

$$\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_{необх.}$$

де ε_{ϕ} – фактичний коефіцієнт уточнення

$$\varepsilon_{\phi} = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i = \prod_{i=1}^m \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$$

де ε_i – уточнення i -го переходу

δ_{i-1}, δ_i – допуск на $i-1$ та i переходи відповідно

m – кількість переходів.

$$\varepsilon_{необх.} = \frac{\delta_{заг.}}{\delta_{дет.}}$$

де $\delta_{заг.}$ – допуск на заготовку

$\delta_{дет.}$ – допуск на розмір деталі.

Вихідними даними для розрахунку уточнень на поверхню 7 є:

- допуск на розмір за кресленням $\delta = 0,03$ мм
- допуск на заготовку $\delta = 4$ мм
- шорсткість поверхні $Ra = 0,16$ мкм.

Варіанти маршруту обробки поверхні:

1 варіант:

1.1. Обточування чорнове $\delta_{1,1}=0,46$ мм

1.2. Обточування чистове $\delta_{1,2}=0,12$ мм

1.3. Шліфування чорнове $\delta_{1,3}=0,074$ мм

1.4. Шліфування чистове $\delta_{1,4}=0,03$ мм

1.5. Шліфування тонке $\delta_{1,5}=0,03$ мм

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2 варіант:

2.1. Обточування чорнове $\delta_{2,1}=0,46$ мм

2.2. Обточування чистове $\delta_{2,2}=0,12$ мм

2.3. Шліфування чорнове $\delta_{2,3}=0,074$ мм

2.4. Шліфування чистове $\delta_{2,4}=0,03$ мм

2.5. Алмазне виглажування $\delta_{2,5}=0,03$ мм

Необхідне уточнення:

$$\varepsilon_{необх.} = \frac{4}{0,03} = 133,33$$

Часні коефіцієнти уточнення по варіантах:

$$\varepsilon_{1,1} = \varepsilon_{2,1} = \frac{\delta_0}{\delta_1} = \frac{4}{0,46} = 8,7$$

$$\varepsilon_{1,2} = \varepsilon_{2,2} = \frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{0,46}{0,12} = 3,83$$

$$\varepsilon_{1,3} = \varepsilon_{2,3} = \frac{\delta_2}{\delta_3} = \frac{0,12}{0,074} = 1,62$$

$$\varepsilon_{1,4} = \varepsilon_{2,4} = \frac{\delta_3}{\delta_4} = \frac{0,074}{0,03} = 2,5$$

$$\varepsilon_{1,5} = \frac{\delta_4}{\delta_{дет.}} = \frac{0,03}{0,03} = 1$$

$$\varepsilon_{2,5} = \frac{\delta_4}{\delta_5} = \frac{0,03}{0,03} = 1$$

Фактичне уточнення:

$$\varepsilon_{\phi 1} = \varepsilon_{\phi 2} = \prod_{i=1}^5 \varepsilon_i^{1,2} = 8,7 \cdot 3,83 \cdot 1,62 \cdot 2,5 \cdot 1 = 133,33$$

Із отриманих даних за більш раціональним приймаємо перший варіан який буде використано в подальшому проектуванні..

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Дані по обробці інших поверхонь наведено в табл.2.4.

Таблиця 2.4.Маршрути обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, мкм	Допуск на заготовку, мм	Варіант обробки поверхні		Допуск на метод обробки, мм	$\varepsilon_{необх.}$	$\varepsilon_{заг.}$
				№ варіанту	Зміст варіанту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	0,89	12,5	8	1	Фрезерування однократне	0,39	6,45	20,5
10	0,62	12,5	4	1	Обточування чорнове	0,62	6,45	6,45
11	0,1	0,32	4	1	Обточування чорнове	0,74	40	40
					Обточування чистове	0,1		
					Полірування	0,1		
				2	Обточування чорнове	0,74	80	
					Обточування чистове	0,1		
					Шліфування тонке	0,05		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	0,025	0,16	4	1	Обточування чорнове	0,46	160	210
					Обточування чистове	0,12		
					Шліфування чорнове	0,074		
					Шліфування чистове	0,03		
					Шліфування тонке	0,19		
9	0,035	0,63	6	1	Обточування чорнове	0,54	171,4	171,4
					Обточування чистове	0,087		
					Шліфування однократне	0,035		
15	0,62	1,25	4	1	Обточування чорнове	0,74	6,45	40
					Обточування чистове	0,1		
					Шліфування однократне	0,1		
4	0,25	3,2	-	1	Обточування однократне	0,25	1	1

Обробка поверхонь зубчастого вінця виконується в сліdkуючій послідовності:

1. Фрезерування зубців
2. Зубошевінгування зубців.

Шліцьова поверхня має параметри, які досягаються однократним фрезеруванням.

Решта поверхонь обробляється однократно.

2.4. Розробка маршрута виготовлення деталі

Технологія обробки деталі починається з розробка маршрута обробки, що зводиться до побудови технологічної послідовності етапів обробки з попереднім визначенням змісту операцій технологічного процесу та вибору необхідного технологічного обладнання [10,15].

Узагальнено така технологія включає сліdkуючі етапи обробки:

1. Заготівельний – отримання заготовки;
2. Напівчистова обробка поверхонь;
3. Чистова обробка необхідних поверхонь згідно з встановленою послідовністю обробки окремих поверхонь;
Фінішний обробка.

Враховуючи вищесказане, маршрут обробки деталі має вигляд:

005 Фрезерно-центрувальна

Фрезерування торців деталі та свердлування центрових отворів

010 Токарна з ЧПК

Чорнова обточка по контуру короткої частини деталі з врізання канавки для виходу шліфувального круга

015 Токарна з ЧПК

Чистова обточка по контуру довгої частини деталі з врізання канавок для виходу шліфувального круга та під стопорне кільце

020 Спеціальна агрегатна для правки центрових отворів

Центрування, свердління та нарізання різьби у двох отворах

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

025 Токарна з ЧПК

Чистова обточка по контуру короткої частини деталі

030 Токарна

Чистова обточка по контуру довгої частини деталі

035 Сердлильна з ЧПК

Свердлить отвори та рарізять різи в торці деталі

040 Зубофрезерна

Фрезерування зубчастого вінця

045 Зубошевінгувальна

Шевінгувать зубці

50 Шліцефрезерна

Фрезерувати шліци

70 Круглошліфувальна

Шліфувати зубці

075 Торцекруглошліфувальна

Шліфувать цапфу та торець деталі з короткої частини деталі

080 Торцекруглошліфувальна

Шліфувать цапфу та торець деталі з довгої частини деталі

085 Круглошліфувальна

Шліфувать шліцеву поверхню деталі

090 Круглошліфувальна

Шліфувать поверхню під сальнік

095 Торцекруглошліфувальна

Шліфувать начисто цапфу та торець деталі з короткої частини

100 Торцекруглошліфувальна

Шліфувать начисто цапфу та торець деталі з довгої частини

105 Шлыфувальна

Шлыфувать поверхню під сальнік

110 Суперфінішна

Суперфінішу вати шейки деталі

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.5. Вибір технологічних баз

Від оптимальності вибору технологічних баз в значній мірі залежить можливість виконання вимог до точності деталі. Вихідними параметрами при виборі баз є креслення деталі, вид заготовки, стан поверхонь заготовки. При виборі технологічних баз використовуємо правила спів падіння технологічних та конструкторських баз, а також постійність баз в технологічному процесі. Все це сприяє підвищенню точності обробки при мінімізації витрат [5].

В якості чорнової бази для даної деталі використовуємо зовнішню поверхню опорних шеек $\varnothing 55$ мм , а в лінійному напрямку – торець вінця.

При подальшій обробці використовуємо центрові отвори та торці в різних виконаннях.

2.6. Розробка структури та змісту технологічних операцій

Розробка структури та змісту технологічних операцій з вибором необхідного обладнання виконується на основі попередньо виконаних обґрунтувань: методів обробки окремих поверхонь; вибраних технологічних баз; розробленого технологічного маршруту обробки деталі та ін [6]. Все це виконується паралельно з вибором технологічного обладнання, технологічних пристроїв, різальних та вимірювальних пристроїв і інструментів. Вся ця інформація зведена до табл. 2.7. та 2.8

2.7. Вибір технологічного обладнання

Вирішення цього питання виконується паралельно з розробкою технології виготовлення деталі, що наведено в табл. 2.7, а характеристики обладнання [33,49] представлені в табл. 2.8.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.8. Металорізальне обладнання для обробки деталі

№ операції	Найменування та модель верстата	Коротка технічна характеристика					Розмірна характеристика		
		Діапаз. частот оберт. шп., об/хв	Діапаз. подач, мм/об	Потужність електродвиг., кВт	Габаритні розміри, мм	Число УРЕ	Макс. розмір оброб. поверх, мм	Макс. Ø свердління, мм	Розміри столу, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	Фрезерно-центрувальний МР-76М	125...712	20...400 20...300	7,5	3140×1630	6	Ø25...125 l=200	12,5	-
010 015 025 030	Токарно-гвинторізний 16К20ФРМ132	12,5...2000	Повзд. 3...1200 Попер. 1,5...600	10	3360×1710	11	Ø220	-	-
035	Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	45...2000	10...500	3,7	1,8×2,17	10	-	35	400×710
040	Зубофрезерний н/а 53А80	50...315	0,3...1,7	8	2175×1710	30	m=10 Ø500	-	400×1250
045	Зубошвинтувальний 5А915	33...188 дв.х/хв	Кругова 0,2...1,5 мм/дв.х Радіал. 2,07...5,4 мм/дв.х	7,5	4200×1800	14	m=10 Ø800	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
050	Шліцефрезерний 5350А	80...250	0,63...5 мм/об.дет	7,5	2425×1550	15	Ø150 m=6 l 1000	-	-
070 085 090 105	Круглошліфувальний 3М151Ф2	деталі 50...500 кругу 1112	0,05...5	7,5	4600×2400	25	Ø200 l =700	-	-
075 080 095 100	Торцекруглошліфувальний 3Т160Ф3	деталі 55...620 кругу 1112	0,05...5	11	3754×4675	25	Ø260 l =500	-	-

2.8. Вибір верстатних пристроїв

Після вибору обладнання визначаємо затискні пристрої, необхідні для виконання операцій.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата					

Використання верстатних пристроїв, особливо з механізованим приводом, а бажано і з автоматичним керуванням дозволяє знизити вимоги до кваліфікації верстатників та зменшити їх участь у виробничому процесі [2].

Відомості про використовувемі верстатні пристрої наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9. Верстатні пристрої для обробки деталі.

№ операції	Найменування пристосування	Код	ГОСТ	Вид приводу
1	2	3	4	5
005	Призми затискні	6440-4082-02	-	пневматич.
010	Патрон трьохкулачковий	-	5410-60	пневматич.
015	Центр обертаючийся	-	8742-62	
025		-		
030				
02 5	Центр поводковий з торцевим поводком	-	-	піджимом задньою
	Центр обертаючийся	-	8742-62	бабкою
020	Патрон трьохкулачковий	-	5410-50	-
1	2	3	4	5
030	Патрон трьохкулачковий	ДП0202.98.	-	пневматич.
035		11.13.0.00		
040	Хомутик	7502-4006	-	ручний
	Центр передній	7032-4069	-	механіч.
	Центр задній	-	8742-62	ручний
060				
065	Патрон поводковий	7067-4093	-	
095-	Хомутик	7032-4065	-	-
110	Центр передній			
070-	Центр задній	-	8742-75	
085				

2.9. Вибір ріжучого інструменту

При виборі ріжучого інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію та матеріал оброблюваної деталі, необхідну якість та точність обробки. Розміри розмірного інструменту визначаються конфігурацією поверхонь [9].

Відомості про обраний ріжучий інструмент зводимо до табл. 2.10.

Таблиця 2.10. Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

№ операції	№ переходу	Найменування інструменту	Стандарт, код	Ріжуча частина		Кількість
				Матеріал	Стандарт	
005	1	Фреза торцева Ø160	2214-0157 9473-80	T15K6	19048-80	2
	2	Свердло центрове	2317-034 14952-75	P6M5	19265-73	2
010		Різець прохідний	20872-80	T15K6	19048-80	1
		Різець прорізний	2126-4146	T15K6	19048-80	1
015		Різець прохідний	20872-80	T15K6	19048-80	1
		Різець прохідний лівий	20872-80	T15K6	19048-80	1
		Різець канавочний	2126-0008	T15K6	19048-80	1
035		Свердло центрове Ø12	-	T15K6	25524-82	1
		Свердло Ø6,8	ОСТ2-420-02-80	P6M5	19265-73	1
		Метчик М8 I	3268-81	P6M5	19265-73	1
		Метчик М8 II	3268-81	P6M5	19265-73	1
040	2	Фреза червячна	2510-4218 9324-80	P6M5	19265-73	1
045	2	Шевер	2530-0277 9323-80	P6M5	19265-73	1
050	2	Фреза червячна	ДП0202.98.11.	-	19265-73	1

№ операції	№ переходу	Найменування інструменту	Стандарт, код	Ріжуча частина		Кількість
				Матеріал	Стандарт	
			13.0.00			
070 085 090	2	Круг абразивний ПП 600×60×305	2424-85	24A СТ1	-	1
075 080 095 100	2 3	Круг абразивний ПВ 600×90×65	2424-85	24A СМ1	-	1
105	2	Круг шліфувальний на вулканітовій зв'язці ПП 200×32×65	2424-85	14A М1	-	1
115	2 3	Круг алмазний 1441 200×32×50	16169-81	АСМ 60/40	ТУ2-037- 108-73	1

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.11 Вибір вимірювальних інструментів та пристроїв

Технічне оснащення засобами процесів технічного контролю рекомендується виконувати відповідно до ГОСТ 14.036-73. Це повинно бути обґрунтованим на забезпечення заданих показників процесу контролю відповідно до процесу обробки деталі. Обов'язковими є забезпечення показників з достовірності, трудоемкості та вартості процесу контролю.

Вимірювальні засоби контролю – це технічні пристрої, що використовуються при вимірюванні та мають нормовані метрологічні якості.

Контроль шорсткості поверхні проводять кількісним та якісним методами. При використанні кількісного метода параметри шорсткості визначають за допомогою спеціальних пристроїв; при якісному – шляхом візуального порівняння з еталонними зразками [49].

Відомості про засоби технічного контролю зведені до табл.2.11.

Таблиця 2.11. Вимірювальний інструмент та контрольні пристрої

№ операції	№ переходу	Контролюємий параметр деталі, мм	Найменування вимірювального інструменту або пристрою	Код	Стандарт
1	2	3	4	5	6
005	2	330 _{-0,89}	Скоба 330 _{-0,89}	8102-4250	-
	3	R5	Калібр на центр. отв.	8371-4057-01	-
1	2	3	4	5	6
010	2	247,5 _{-0,72}	Калібр 247,5 _{-0,72}	8150-4387	-
	3	Ø57 _{-0,43}	Штангенциркуль ШЦ-1-125	-	166-80
	4	Ø107 _{-0,43}	Штангенциркуль ШЦ-1-125	-	166-80

№ операції	№ переходу	Контролюємий параметр деталі, мм	Найменування вимірювального інструменту або пристрою	Код	Стандарт
015	2 3 4,7 5	$\varnothing 42,5_{-0,1}$ $\varnothing 46,2_{-0,1}$ $\varnothing 55,39_{-0,12}$ $\varnothing 104_{-0,087}$ $87,1_{-0,2}$ $136,3_{-0,2}$ $1,9^{+0,14}$	Мікрометр 0,01 Мікрометр 0,01 Мікрометр 0,01 Мікрометр 0,01 Калібр 87,1 _{-0,2} Калібр 136,3 _{-0,2} Калібр 1,9 ^{+0,14}	- - - - 8150-4712 8150-4386 8154-0031	6507-78 6507-78 6507-78 6507-78 - - -
020	2 5	24js14 20js14 M8-6H	Калібр для перевірки міжосьової відстані Штангенциркуль-глибиномір Калібр різьбовий M8-6H	8534-4214 - -	- 166-80 17756-72
030	2	$W = 43,5_{-0,17}$ $F_i'' = 0,4$ $f_i'' = 0,2$ $F_\beta = 0,15$	Скоба крокова Пристрій МЦ-4006 Колесо вимірюв. m=9 Пристрій УЗП400	8107-4028 - 8473-4012 8509-4012	- 5368-81 - -
035	2	$F_i'' = 0,065$ $f_i'' = 0,04$ $F_\beta = 0,012$ $F_{us}'' = +0,02$ $f_{us}'' = -0,17$	Пристрій МЦ-4006 Колесо вимірюв. m=9 Пристрій для контролю напрямку зубів Міжцентромір Індикатор 1 МИГ	- 8473-4012 8532-4054 - -	5368-81 - - 5368-81 9696-82
040	2	Профіль шліців Довжина шліців $l = 70_{-0,74}$	Кільце шліцьове Калібр 70 _{-0,74}	8312-4032 8150-4376	- -
070	2	$\varnothing 103,7_{-0,057}$ Радіальне биття 0,02	Скоба індикаторна Центра контрольні ПБ-500. Індикатор 1МИГ	8515-4082 -	- 9696-82
1	2	3	4	5	6
075	2	$\varnothing 103,6_{-0,035}$ Радіальне биття 0,01	Скоба індикаторна Центра контрольні ПБ-500. Індикатор 1МИГ	8515-4082 -	- 9696-82

№ операції	№ переходу	Контролюємий параметр деталі, мм	Найменування вимірювального інструменту або пристрою	Код	Стандарт
080 085	2	$\varnothing 55,2_{-0,074}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082	- 9696-82
	3	$48,7_{-0,074}$ $48,2_{-0,03}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
090	2	$\varnothing 55,02_{-0,03}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
	3	$48,15_{-0,03}$ $48,1_{-0,03}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
095	2	$\varnothing 42_{-0,06}^{-0,1}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
100	2	$\varnothing 46_{-0,1}$ $\sqrt{0,32}$	Мікрометр 0,01 Профілометр М	- -	6507-78 19300-73
105 110	2	$\varnothing 55_{-0,09}^{-0,06}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
	3	$48,05_{-0,025}$ $48_{-0,025}$	Скоба індикаторна Індикатор І410	8515-4082 -	- 9696-82
	2	 0,005	Індикатор 2М42	-	9696-82
		 0,005	Пристрій контрольний	-	-
		 0,01	Центра контрольні	-	-

2.11. Розрахунок припусків та операційних розмірів

Після вибору методів обробки поверхонь, та маршруту обробки деталі розраховуємо припуск на механічну обробку.

Розрахунок припуску проводимо на найбільш точну поверхню $\varnothing 55e7_{-0,09}^{-0,06}$, а для решти поверхонь обираємо за довідниковими даними [10, 49].

Вихідними даними для розрахунку є: маршрут обробки поверхні; характеристика виконання обробки на кожному етапі та стан поверхні.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.13. Припуски та операційні розміри на обробку поверхні Ø55^{-0,06}_{-0,09}

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрах. припуск 2Z _{min} , мкм	Допуск δ, мм	Розрахунк. розміри, мм		Припуски, мм	
	Rz	T	Δ			min	max	min	max
Поковка	1250		1710	-	4	62,5	66,5	-	-
Обточування:	250	240	85	2·2960	0,46	56,50	56,96	6	9,54
	40	40	68	2·575	0,12	55,35	55,47	1,15	1,49
Шліфування:	15	15	51	2·108	0,074	55,13	55,2	0,22	0,266
	5	5	34	2·66	0,03	54,99	55,02	0,14	0,184
	2,5	5	34	2·39	0,03	54,91	54,94	0,08	0,08

Просторове відхилення обчислюємо за формулою:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\kappa}^2 + \Delta_{\psi}^2 + \Delta_{\text{см}}^2}$$

де Δ_{κ} – відхилення вісі від прямолінійності

$$\Delta_{\kappa} = \Delta_{\kappa 0} \cdot L$$

де L – довжина деталі

$\Delta_{\kappa 0}$ – питоме відхилення від прямолінійності

$$\Delta_{\kappa 0} = 2 \text{ мкм/м}$$

$$\Delta_{\kappa} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 330 = 0,66 \text{ мм}$$

Δ_{ψ} – зміщення вісі заготовки внаслідок похибки центрування

$$\Delta_{\psi} = 0,25\sqrt{T^2 + 1}$$

де T – допуск на розмір бази, що використовувалась при centruванні
T=4мм, т.я. для поковок для розмірів від 50 до 90мм T=4мм.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$\Delta_y = 0,25\sqrt{4^2 + 1} = 1,03 \text{ мм}$$

Δ_{cm} – відхилення від співвісності

$$\Delta_{cm} = 1,2 \text{ мм}$$

$$\Delta = \sqrt{0,66^2 + 1,03^2 + 1,2^2} = 1,71 \text{ мм}$$

Остаточна просторова похибка по етапам обробки слідує:

обточування чорнове – $K_y = 0,05$

обточування чистове – $K_y = 0,04$

обточування чорнове – $K_y = 0,03$

шліфування чистове – $K_y = 0,02$

шліфування тонке – $K_y = 0,02$

$$\Delta_i = \Delta_3 \cdot K_y$$

де K_y – коефіцієнт уточнення

обточування:

чорнове $\Delta_1 = 1710 \cdot 0,05 = 85 \text{ мкм}$

чистове $\Delta_2 = 1710 \cdot 0,04 = 68 \text{ мкм}$

шліфування:

чорнове $\Delta_3 = 1710 \cdot 0,03 = 51 \text{ мкм}$

чистове, тонке $\Delta_4 = \Delta_5 = 1710 \cdot 0,02 = 34 \text{ мкм}$

Розрахунок мінімальних значень припуску проводимо за формулою:

– для обточування:

$$2Z \min_i = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \Delta_{i-1})$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

– для шліфування:

$$2Z \min_i = 2(Rz_{i-1} + \Delta_{i-1})$$

Мінімальні припуски:

– на обточування:

$$2Z \min_1 = 2(1250 + 1710) = 2 \cdot 2960 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_2 = 2(250 + 240 + 85) = 2 \cdot 575 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_3 = 2(40 + 68) = 2 \cdot 108 \text{ мкм}$$

– на шліфування:

$$2Z \min_4 = 2(15 + 51) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_5 = 2(5 + 34) = 2 \cdot 39 \text{ мкм}$$

Розрахункові мінімальні діаметри:

$$d \min_{i-1} = d \min_i + 2Z \min_i$$

$$d \min_5 = d \min_{\text{дет}} = 54,91 \text{ мм}$$

$$d \min_4 = d \min_5 + 2Z \min_5 = 54,91 + 2 \cdot 0,039 = 54,988 \text{ мм}$$

$$d \min_3 = d \min_4 + 2Z \min_4 = 54,988 + 2 \cdot 0,066 = 55,12 \text{ мм}$$

$$d \min_2 = d \min_3 + 2Z \min_3 = 55,12 + 2 \cdot 0,108 = 55,336 \text{ мм}$$

$$d \min_1 = d \min_2 + 2Z \min_2 = 55,336 + 2 \cdot 0,575 = 56,486 \text{ мм}$$

$$d \min_0 = d \min_1 + 2Z \min_1 = 56,486 + 2 \cdot 2,96 = 62,406 \text{ мм}$$

Округлюємо до порядку допуску та заносимо до табл.2.11.1.

Розрахункові максимальні діаметри:

$$d \max_i = d \min_i + \delta_i$$

$$d \max_5 = d \min_5 + \delta_5 = 54,91 + 0,03 = 54,94 \text{ мм}$$

$$d \max_4 = d \min_4 + \delta_4 = 54,99 + 0,03 = 55,02 \text{ мм}$$

$$d \max_3 = d \min_3 + \delta_3 = 55,13 + 0,074 = 55,204 \text{ мм}$$

$$d \max_2 = d \min_2 + \delta_2 = 55,35 + 0,12 = 55,47 \text{ мм}$$

$$d \max_1 = d \min_1 + \delta_1 = 56,5 + 0,46 = 56,96 \text{ мм}$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$d \max_0 = d \min_0 + \delta_0 = 62,5 + 4 = 66,5 \text{ мм}$$

Припуски:

– мінімальні: $2Z \min_i = d \min_{i-1} - d \min_i$

$$2Z \min_5 = 54,99 - 54,91 = 0,08 \text{ мм}$$

$$2Z \min_4 = 55,13 - 54,99 = 0,14 \text{ мм}$$

$$2Z \min_3 = 55,35 - 55,13 = 0,22 \text{ мм}$$

$$2Z \min_2 = 56,5 - 55,35 = 1,15 \text{ мм}$$

$$2Z \min_1 = 62,5 - 56,5 = 6 \text{ мм}$$

– максимальні: $2Z \max_i = d \max_{i-1} - d \max_i$

$$2Z \max_5 = 55,02 - 54,94 = 0,08 \text{ мм}$$

$$2Z \max_4 = 55,204 - 55,02 = 0,184 \text{ мм}$$

$$2Z \max_3 = 55,47 - 54,204 = 0,266 \text{ мм}$$

$$2Z \max_2 = 56,96 - 55,47 = 1,49 \text{ мм}$$

$$2Z \max_1 = 66,5 - 56,96 = 9,54 \text{ мм}$$

Загальний припуск:

$$Z \min = \sum_{i=1}^n Z \min_i = 7,59 \text{ мм}$$

$$Z \max = \sum_{i=1}^n Z \max_i = 11,56 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z \max - Z \min = \delta_3 - \delta_0$$

$$11,56 - 7,59 = 4 - 0,03$$

$$3,97 = 3,97$$

Номинальний припуск:

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$Z_{0ном} = Z_0 \min + H_3 - H_0$$

де H_3, H_0 – нижні відхилення заготовки та деталі відповідно

$$Z_{0ном} = 7,59 + 2 - 0,09 = 9,5 \text{ мм}$$

Номинальний діаметр заготовки:

$$d_{3ном} = d_{дет} \min + Z_{0ном}$$

$$d_{3ном} = 54,91 + 9,5 = 64,41 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{3ном} = 64,4 \pm 2$

Таблиця 2.13. Припуски та допуски на решту поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір, мм	Припуск табличний, мм	Припуск розрахунковий, мм	Допуск
	$330_{-0,89}$	$2,5 \cdot 6 \pm 2,5 \cdot 2 = 15 \pm 5$	-	$\pm 2,5 \cdot 2 = \pm 5$
9	$\varnothing 103,6_{-0,035}$	9	-	± 3
8	$48_{-0,025}$	$2,5 \cdot 9 = 22,5$	-	$\pm 2,5 \cdot 3 = \pm 7,5$
11	$\varnothing 46_{-0,1}$	6	-	± 2
7	$\varnothing 55_{-0,09}^{+0,06}$	-	9,5	± 2

2.12 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо на операцію 010 Токарна з ЧПК [30].

Послідовність обробки поверхонь:

- 1) Підрізати торець $\varnothing 111 \pm 3$ глибина різання $t = 6 \text{ мм}$
- 2) Обточити поверхню $\varnothing 56,96_{-0,46}$, $t = 4 \text{ мм}$
- 3) Обточити поверхню $\varnothing 107_{-0,54}$, $t = 2 \text{ мм}$
- 4) Врізати канавку $t = 4,2 \text{ мм}$
- 5) Підрізати торець $t = 6 \text{ мм}$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

На переходах 1, 2, 3, використовується різець з пластинкою твердого сплаву Т15К6 з перерізом державки $B \times H = 25 \times 25 \text{ мм}$.

Геометричні параметри ріжучої частини:

- головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$;
- допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 10^\circ$;
- головний задній кут $\alpha = 6^\circ$;
- головний передній кут $\gamma = 10^\circ$;
- форма передньої поверхні – плоска з фаскою;
- радіус при вершині різця $r = 2 \text{ мм}$.

На переходах 4 використовується фасонний різець.

Визначаємо подачі по переходам:

1, 3 $S_T = 0,16 \dots 0,23 \text{ мм/об}$ Приймаємо $S_1 = 0,2 \text{ мм/об}$

4, $S_T = 0,13 \dots 0,16 \text{ мм/об}$ Приймаємо $S_4 = 0,15 \text{ мм/об}$

Швидкість різання обраховується по формулі:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

де C_v – емпіричний коефіцієнт.

Для переходів 2, 3, $C_v = 350$;

для переходів 4 $C_v = 47$.

$T = 60 \text{ хв}$ – стійкість інструменту;

$m = 0,2$ – емпіричний коефіцієнт показника ступеню;

x – емпіричний коефіцієнт показника ступеню:

– для повздовжнього точіння: $x = 0,15$

– для поперечного: $x = 0$

y – емпіричний коефіцієнт показника ступеню:

– для повздовжнього точіння: $y = 0,35$

– для поперечного: $y = 0,8$.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

K_v – поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{HV} \cdot K_\phi \cdot K_r$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \left(\frac{750}{540} \right)^1 = 1,1$$

K_{PV} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки $K_{PV}=0,8$

K_{HV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{HV}=1$

K_ϕ – коефіцієнт, що враховує кут в плані $K_\phi=0,7$

K_r – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині $K_r=0,94$

$$K_v = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,94 = 0,58$$

Проведемо розрахунок для першого переходу:

$$V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 1 \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 0,58 = 89,2 \text{ м/хв.}$$

Частота обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 89,2}{3,14 \cdot 111} = 256 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_\phi = 250$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 111 \cdot 250}{1000} \approx 86 \text{ м/хв.}$$

Основний час на обробку:

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S} \cdot i = \frac{27}{250 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,72 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків по решті поверхонь заносимо до табл.2.13.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.13. Режими різання на обробку деталі

№ операції	№ переходу	№ інструменту	t, мм	S, мм/о б	S, мм/х в	V, м/хв	n, об/хв	Nріз., кВт	L _{р.х.}	t ₀ , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	2	1	7,5	-	90	22	358	3,8	144	1,6
	3	2	2,8	0,03	-	34	815	0,9	16	0,65
010	1		6	0,2		86	250	4,2	27	0,72
	2		4	0,6		88	500	3,81	88	0,46
	3		2	0,6		80	250	1,8	60	0,4
	4		4,2	0,6		88	250	3,9	4	0,08
015	1		0,8	0,11		211	1600	1,3	75	0,43
	2		0,8	0,11		231	1600	1,43	29	0,16
	3		0,8	0,11		276	1600	1,5	88	0,5
	4		1,5	0,11		327	1000	1,7	53	0,48
	5		1	0,08		261	800	1,5	27	0,84
	6		0,8	0,11		276	1600	1,5	88	0,5
	7		1	0,08		261	800	1,5	27	0,84
	8		1,9	0,08		261	1000	1,8	4	0,05
020	2		5	0,06		19	630	0,8	7	0,19
	3		3,2	0,06		13	630	0,75	22	0,58
	4		0,65	1,25		6,14	63	0,3	23	0,61
	5		0,65	1,25		6,14	63	0,3	23	0,61
030	2		2		2	22	50	3,2	104	18,72
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
035	2		1,2		0,5	20		1,4	254	6,52
	3		0,3		0,15	33,6		0,8	254	6,52
040	2		4,6	1,6		28,3	100	1,1	75	2,8
060	2		0,15		1	$\frac{49}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	0,98	49,2	0,95
0,65	2		0,05		0,5	$\frac{49}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	0,9	49,2	0,51
070 075	2		0,2		0,6	$\frac{49}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	1,1	$\frac{87,5}{24}$	0,96
080 085	2		0,18		0,049	$\frac{16}{50}^*$	$\frac{220}{1250}^*$	1,0	$\frac{87,5}{24}$	4,76

№ операції	№ переходу	№ інструменту	t, мм	S, мм/о б	S, мм/х в	V, м/хв	n, об/хв	Нріз., кВт	L _{р.х.}	t ₀ , хв
095	2		0,5		1,5	$\frac{49}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	0,95	70	0,85
100	2		0,1		0,05	$\frac{49}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	1,05	25	0,53
105	2		0,01		0,05	$\frac{32}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	1,1	$\frac{87,5}{24}$	2,72
110	3		0,05		0,05	$\frac{32}{35}^*$	$\frac{300}{1112}^*$	0,8	$\frac{87,5}{24}$	

2.13. Технічне нормування

Розрахунок норм часу проводимо для операції 015 Токарна з ЧПК. Норма часу на виконання операції при роботі на одному верстаті складається з норм штучного часу та норми підготовчо-заключного часу [30]:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час на операцію, хв.,

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв.

n – кількість деталей в запускаємій партії.

Попередньо приймемо 8 запусків на рік.

Норма штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{д}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{мех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{омл}}}{100} \right)$$

де $T_{\text{ца}}$ – час циклу автоматичної роботи верстата

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$T_{\text{ца}} = t_o + t_{\text{мд}}$$

де t_o – основний час, хв.

$t_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час за програмою (підвод інструменту, вихід в “0” точку та ін.)

T_o – допоміжний час на обробку однієї деталі

$$T_o = t_{\text{в.в.}} + t_{\text{в.оп.}} + t_{\text{в.из.}}$$

де $t_{\text{в.в.}}$ – час на встановлення та зняття деталі;

$t_{\text{в.оп.}}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією;

$t_{\text{в.из.}}$ – допоміжний час на вимірювання

$a_{\text{тех}}, a_{\text{орг}}, a_{\text{отл}}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та персональні надобності. Приймається у відсотках від оперативного часу.

Визначаємо норму підготовчо-заключного часу. Вона складається з часу на організаційну підготовку, на налагодження верстата, інструменту, програмних пристроїв та часу на пробну обробку.

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{нз1}} + T_{\text{нз2}} + T_{\text{пр.об.}}$$

Час на організаційну підготовку $T_{\text{нз1}} = 4 + 2 + 2 = 8$ хв.

Час на налагодження верстата $T_{\text{нз2}} = 16$ хв.

Час на пробну обробку $T_{\text{пр.об.}} = 6$ хв.

$$T_{\text{нз}} = 8 + 16 + 6 = 30 \text{ хв.}$$

Основний час на обробку однієї деталі $t_o = 3,8$ хв.

Складові допоміжного часу:

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$T_{\text{в.б.}} = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{в.оп.}} = 0,35 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{в.уз.}} = 0,64 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{д}} = 1,4 + 0,35 + 0,64 = 2,39 \text{ хв.}$$

Машинно-допоміжний час включає в себе:

- 0,05 хв – час на затискання деталі у патроні
- 0,05 хв – час на підвід та фіксацію револьверної головки
- 0,02 хв – час на підвід задньої бабки та огорожі
- 0,022 хв – час на підвід інструменту з нульової точки до вихідної точки.
- 0,045 хв – час на переміщення в нульову точку.

Загальний машинно-допоміжний час:

$$T_{\text{мд}} = (2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,02 + 0,02 + 0,045 + 2 \cdot 0,02 + 0,05) \cdot 2 = 0,79 \text{ хв.}$$

Час циклу автоматичної роботи верстата:

$$T_{\text{ца}} = 3,01 + 0,79 = 3,8 \text{ хв.}$$

Час на організаційне та технічне обслуговування та персональні потреби:

$$a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}} = 8\%$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Норма штучного часу:

$$t_{um} = (3,8 + 2,39) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 6,685 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу на нормуєму операцію:

$$t_{um.k.} = 6,685 + \frac{30}{160} = 6,873 \text{ хв.}$$

Подібно виконуються розрахунки на інші операції.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Промисловий робот з комбінованим приводом.

Для автоматизації завантаження та розвантаження технологічного обладнання та виконання інших операцій, згідно поставленого завдання, виконана модернізація конструкції промислового робота (за базу взято однорукий, однозахватний робот – Бріг-10) з використанням комбінованого привода, що дозволяє розширити його функціональні можливості по роботі з деталями більшої ваги за 10кг., які можуть обслуговуватись роботами з пневматичним приводом. Вирішення поставленого завдання виконується на основі використання комбінованого гідро-пневматичного робота в якому більш навантажені приводи руки мають гідравлічний привод, а менш навантажені – захват, кисть та ін. – з пневматичним приводом [32]. Додатковою важливою особливістю такого робота є його двозахватне виконання, що дозволяє значно підвищити продуктивність його роботи.

Основні технічні характеристики робота:

- число ступіней рухомості	4
- вантажопідйомність, кг	20
- горизонтальний рух руки, мм	400
- піднімання руки, мм	200
- поворот руки, град.	240
- поворот кисті, град.	210
- швидкість горизонтального переміщення руки, м/с	1,0
- швидкість піднімання руки, м/с	0,5
- швидкість повороту руки, град./с	90
- швидкість повороту кисті, град./с	180
- точність позиціонування, мм	±0,2
- система керування	

Циклова

- габаритні розміри	1220х
	730х460

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Конструкція такого робота (рис.3.1) складається з основи 1, модуля повороту руки (в основі), піднімання руки 2 та горизонтального переміщення руки 6, кисті 5, захвату 4, системи циклового керування 3 та гідростанції 7. Вихідне положення основи робота в вертикальному напрямленні встановлюється за допомогою регульованих опор 6.

Рух руки робота здійснюється від гідравлічного приводу (рис. 3.2, а), а рух кисті та захвату від пневматичного приводу (рис.3.2, б). Це дозволяє зробити більш компактними модулі руки робота, так як їх рух здійснюється під тиском рідини з більш високим тиском порядку 20-бар, а при необхідності і вище.

Модуль повороту 7 руки (рис. 3.2, а) представляє конструкцію встановлену на плиті основи робота та включає в себе спарені гідро циліндри з загальною шток-рейкою, а також механізм позиціонування з рухомим упором 8 і гальмівними золотниками 4 (1). Модуль працює наступним чином. При наданні команди на поворот руки, спрацьовує гідророзподільвач 2 (2) і рідина поступає в один з циліндрів, забезпечуючи рух шток-рейки та поворот рейкової шестерні закріпленої до модуля піднімання руки. Вільне обертання руки здійснюється до тих пір, поки один з нерухомих упорів, розміщених на поворотному диску, не зустріне висувний упор переміщуваний гідроциліндром 8, після чого починається гальмування за рахунок керованого дроселювання витоком рідини з протилежного циліндру гальмівним золотником 4 (1) з послідуною зупинкою по жорсткому упору. Співвісно колоні 1 на опорах 6 встановлена траверса 7, що містить привод 8, каретку 9, висувний упор у виді ролика 10 і ролик 11, взаємодіючий із двуплечим важелем 12. На корпусі 3 встановлені гальмові золотники 13 і жорсткі упори 14 з регульовальними гвинтами 15. Упори 5 кріпляться до диска 4 через корпус 16 гвинтами 17, 18 і 19.

Аналогічно виконується обертання та зупинка руки в інших точках позиціонування.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Модуль піднімання 6 руки складається з гідроциліндру, пристрій гальмування 4(2) та механізм позиціонування. Гідроциліндр розміщена на поворотній колоні, яка зв'язана з віссю механізму позиціонування через зубчасті колеса. При подачі рідини в верхню порожнину циліндру починається рух рухомої ланки вгору. Рух вниз виконується під своєю вагою та від дії пружини гідроциліндру. При підході торця гідроциліндру до упору, закріпленого на периферії барабана механізму позиціонування, починається рух барабана, який дії на плунжер гальмівного золотника 4 (2), забезпечуючи таким чином плавне гальмування та точне позиціонування.

Модуль горизонтального переміщення 5 складається з привода від спарених гідроциліндрів через зубчато-рейкову передачу, гальмівні золотники 4 (5), 4 (4) та механізм позиціонування.

Керування потоками рідини здійснюється за допомогою гідророзподільвачів 2(I) – I(4) типу PI02-AL44. Подача рідини під тиском в систему здійснюється від гідростанції Г48-22П. Для регулювання швидкості руху модулів руки передбачені дроселі 3(I) – 3(3) типу ПГ 77-12.

З метою спрощення конструкції і підвищення точності позиціонування використовується механізм позиціонування робота який виконаний у паралельно рухомої ланки із встановленими на ній регульованими упорами, а рухома рука робота оснащена додатковими упорами, один із яких у крайнім заднім положенні кинематично зв'язаний із пристроєм повороту. Причому частина регульованих упорів розташована за опорами 2 і 3 руки 1, а частина між цими опорами.

Рухома ланка (рука) 1 робота встановлена в опорах 2 і 3. На ланці закріплені додаткові упори 4-6. В опорах 2 і 3 паралельно осі ланки 1 установлений гвинт 7, на якому розташовуються регульовані гайки 8 з регульованими упорами 9. Упор 6 із гвинтом 7 з'єднаний через шліце-гвинтову пару: валик 10 і втулку 11, зубчасте колесо 12, рейку 13, зубчасте колесо 14, повідок 15, собачку 16, храпове колесо колесо 17, шпонкове з'єднання 18. Валик 10 з'єднаний з опорою 3 через шпонку 19 і пружину 20 повернення.

Механізм працює в наступній послідовності.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Переміщення ланки (руки) 1 вперед (привод ланки не показаний) здійснюється доти, поки один з упорів 4 чи 5 не зустрине виступ одного з регульованих упорів 9. Після чого гвинт 7 переміщується спільно з ланкою 1, контактуючи при цьому на шток гальмівного золотника (не показаний), що забезпечує плавне гальмування ланки. Хід гвинта 7 обмежений осьовою відстанню "а" з зупинкою на жорсткий упор. Після виконання роботою необхідної операції (наприклад, захоплення деталі) привод реверсирується і переміщує ланка 1 у задне положення, що обмежується упором 6 і фланцем опори 3. Причому на невеликій ділянці зворотного ходу ланки упор 6 переміщує в осьовому напрямку валик 10, що повертає втулку 11 і зубчасте колесо 12. Шпонка 19 утримує валик від обертання. Рух від колеса 12 через рейку 13, колесо 14, повідок 15, собачку 16, храпове колесо 17 і шпонкове з'єднання 18 передається на гвинт 7. При кожному русі ланки 1 робота назад відбувається поворот гвинта 7 з упором на кут, обумовлений числом упорів, встановлених на гвинті. При 4-х упорах гвинт повинний повертатися на 1/4 повного оберту. При русі ланки робота вперед пружина 20 повертає валик 10 у вихідне положення. При цьому собачка 16 і храпове колесо 17 повертаються вхолосту, залишаючи нерухомим гвинт 7.

Рух кисті та захвату виконується від пневматичного приводу (рис. , б). Керування роботою кисті та захвату виконується через пневморозподільвачі П(І) та П(2) тип ПБ64-24М.

Загальною відмінною ознакою робота є наявність в модулях руху руки спеціальних механізмів позиціонування, забезпечуючих зупинку захвата в значній кількості точок. Це дозволяє розширити функціональні можливості робота та області його використання, а також дозволяє створювати більш ефективні роботизовані комплекси. Використання спеціальних гальмівних пристроїв забезпечує швидкий рух руки з безударною зупинкою.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3.2.Розрахунок механізму горизонтального переміщення руки робота

3.2. 1 Загальні умови визначення сил переміщення. Для цього використовуємо дані складального креслення механізму (Рис.4.1.) [25]

Для знаходження сили, що діє на руку робота записуємо вихідне рівняння:

$$P = Ma;$$

M -маса рухомої частини руки робота;

a -прискорення переміщення руки робота, рівне $a=9,81\text{м/с}^2$.

Маса M визначається як сума усіх рухомих мас:

$$M = m_{\text{тр}} + m_1 + m_2;$$

$m_{\text{тр}}$ -маса труби руки робота;

m_1 -маса кисті;

m_2 - маса захвата.

Визначимо масу труби руки за формулою:

$$m_{\text{тр}} = \rho V_{\text{тр}};$$

ρ -густина матеріалу труби (для сталі $\rho=7,8 \cdot 10^3 \text{кг/м}^3$);

$V_{\text{тр}}$ -об'єм горизонтальної труби, який знаходимо як різницю зовнішнього і внутрішнього об'ємів:

$$V_{\text{тр}} = V_1 - V_2$$

V_1 і V_2 -відповідно зовнішній і внутрішній об'єми, які знаходимо як об'єми циліндрів:

$$V = \pi r^2 l;$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

r - радіус труби;

l - довжина руки робота.

Радіус зовнішньої труби $r_1=0.019\text{м}$ і внутрішньої труби $r_2=0.015\text{м}$.

Довжина руки робота рівна $l=0,950\text{ м}$

Знаходимо значення об'ємів:

$$V_1=3.14*0.019^2*0.950=1076,86*10^{-6}\text{ м}^3=1,076\text{ дм}^3=0,0107\text{см}^2$$

$$V_2=3.14*0.015^2*0.950=671,18*10^{-6}\text{ м}^3.$$

Визначаємо об'єм горизонтального стержня руки робота:

$$V_{\text{тр}}=1076.86*10^{-6}-671.18*10^{-6}=405,68*10^{-6}\text{ м}^3. \text{ Знаходимо масу труби:}$$

$$m_{\text{тр}}=7,8*10^3*405.68*10^{-6}=3\text{ кг}.$$

Масу руки робота знаходимо як суму усіх мас:

$$M=m_1-m_2+ m_{\text{тр}};$$

m_1 -маса кисті ($m_1=2\text{кг}$); m_2 -маса захвата ($m_2=3\text{кг}$).

$$M=2+3+3=8\text{ кг}.$$

Сила, що діє на руку, рівна:

$$P=Ma=8*9.81=78(\text{Н}).$$

3.2.2 Визначення сили приводу механізму горизонтального переміщення.

Вказану силу знаходимо з рівняння [1, 25]^

$$P r_1 = P_2 r_2; \text{ звідки}$$

$$P_2 r_3 = P_3 r_4;$$

$$P_2 = \frac{P \cdot r_1}{r_2};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \frac{r_3}{r_4} = P \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_3}{r_4};$$

P_3 – сила приводу;

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

r_1, r_2, r_3, r_4 – радіуси зубчастих коліс.

Значення радіусів зубчастих коліс знаходимо через діаметри зубчастих коліс. Загальна формула має вигляд:

$$r = \frac{mz}{2};$$

m – модуль зубчастих коліс;

z – кількість зубців.

Таким чином сила на приводі (гідроциліндрів) дорівнює

$$P_3 = P \cdot \frac{mz_1}{2mz_2} \cdot \frac{2mz_3}{2mz_4} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = 6 \text{ кГ} \cdot \text{см}$$

Тут модулі умовно приймаємо рівними.

3.2.3. Визначення модулів зубчастих коліс. Уточнення значення модулів зубчастих коліс виконуємо за формулою [41]:

$$m_i = \sqrt[3]{\frac{6.4 \cdot M}{y \cdot \psi \cdot z_i \cdot [\sigma]}}$$

де M – крутний момент відносно осі вала;

y – коефіцієнт форми зуба, який залежить від кількості зубців і відповідно чисель рівний $y_1=0,130$, $y_2=0,108$, $y_3=0,130$, $y_4=0,098$;

$\psi = b/m = 30/4 \approx 8$ – відношення робочої ширини зубчастого колеса до модуля;

z_i – кількість зубців колеса;

$[\sigma]$ – допустиме напруження при згинанні зубців, кГ/см^2 .

$$[\sigma] = 36 \text{ кГ/см}^2$$

Крутий момент відносно осі вала 1 знаходимо за формулою:

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$M_1 = P r_1 = 78 \cdot 60 = 4,68 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Підставимо числове значення і знайдемо модуль зубчастого колеса

Z_1

$$m_1 = \sqrt[3]{\frac{6,4 \cdot 4680}{0,130 \cdot 8 \cdot 51 \cdot 36}} = 2,5$$

Подібно визначаємо модулі інших коліс:

$$m_2 = \sqrt[3]{\frac{6,4 \cdot 4680}{0,108 \cdot 8 \cdot 25 \cdot 36}} = 3$$

А так як зубчасте колесо Z_2 знаходиться в зачепленні із зубчастим колесом Z_3 , то модулі повинні бути однаковими тому $m_3 = m_2 = 3$.

Крутий момент відносно осі вала 2 визначаємо за формулою:

$$M_2 = P_3 r_4;$$

P_3 -сила приводу;

r_4 - радіус зубчастого колеса Z_4 .

$$M_2 = 6 \cdot 16 = 96 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Знаючи крутний момент знаходимо модуль цього колеса

$$m_4 = \sqrt[3]{\frac{6,4 \cdot 4680}{0,098 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 36}} = 4$$

3.2.4. Уточнення значень допустимого напруження.

Запишемо формулу, за якою обчислимо (уточни

$$\sigma_{\pi} = \frac{6,4 \cdot M}{y \cdot k_{\pi} \cdot \psi \cdot z_i \cdot m_i^3} \cdot \frac{k_{\pi}}{k_z}, \text{ кг/мм}^2$$

мо) значення напруги [13]:

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$l_0 = \frac{2 \cdot M}{[d(h-t_1) \cdot [\sigma_{зм}]]},$$

де k_ϵ – коефіцієнт незначної похибки, рівний $k_\epsilon = 1$.

k_v – коефіцієнт швидкості, рівний $k_v = 1$;

$k_{зг}$ – коефіцієнт довговічності, рівний $k_{зг} = 1$,

M – крутний момент відносно осі вала,

z – кількість зубців.

$$\sigma_{12} = \frac{6.4 \cdot 4680}{0.108 \cdot 1.8 \cdot 25 \cdot 3^3} \cdot 1 = 51, \text{ кг/мм}^2.$$

$$\sigma_{13} = \frac{6.4 \cdot 96}{0.130 \cdot 1.8 \cdot 51 \cdot 3^3} \cdot 1 = 0.42, \text{ кг/мм}^2.$$

$$\sigma_{24} = \frac{6.4 \cdot 96}{0.098 \cdot 1.8 \cdot 4680 \cdot 4^3} \cdot 1 = 0.68, \text{ кг/мм}^2.$$

$$\sigma_{34} = \frac{6.4 \cdot 4680}{0.130 \cdot 1.8 \cdot 51 \cdot 2.5^3} \cdot \frac{1}{1} = 36, \text{ кг/мм}^2.$$

3.2.5. Розрахунок шпонкових з'єднань.

Так як всі зубчасті колеса з'єднані з відповідними валами через шпонкові спряження, то, виходячи з конструктивного виконання механізму, приймаємо, що розміри шпонок у всіх з'єднаннях однакові і мають слідуючі значення [41]:

- ширина шпонки $b=6\text{мм}$;
- висота шпонки $h=4\text{мм}$;
- глибина паза на валу $t_1=3\text{мм}$;
- глибина паза у маточині колеса $t_2=3.3\text{мм}$;
- діаметр вала $d=22\text{ мм}$,
- довжина шпонки $l=20\text{ мм}$.

Для сталевого колеса беремо допустиме напруження зминання $[\sigma_{зм}]=150\text{ МПа}$.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Небезпечною деформацією для шпонок є змін від крутного моменту $M - H^*m$, який визначаємо за формулою:

$$\sigma_m = \frac{2M}{dl_p h} \leq [\sigma_m] \text{ МПа}$$

$[\sigma_m]$ - допустимі напруження зминання,

l_p -робоча довжина шпонки, яка знаходиться за формулою:

$$l_p = l - \frac{b}{2}$$

l –довжина шпонки; b –ширина шпонки.

$$l_p = 20 - \frac{6}{2} = 17 \text{ мм.}$$

Визначивши робочу довжину шпонки, знайдемо напруження змину:

$$\sigma_m = \frac{2 \cdot 96 \cdot 10^3}{22 \cdot 17 \cdot 4} = 128 \text{ МПа}$$

Виконавши необхідний розрахунок, робимо висновок, що перенапруження не має. Отже, міцність з'єднання достатня, бо розрахункове напруження менше допустимого напруження.

3.3 Розрахунок конструкцій захватного пристрою.

3.3.1. Будова та робота пристрою.

В модернізуємій конструкції промислового робота планується замінити однозахватний пристрій на двозахватний. Впровадження такої модернізації дозволить підвищити продуктивність роботи робота по здійсненню процесу розвантаження та завантаження верстатів [35]. Це буде реалізовано за рахунок зменшення кількості необхідних рухів робота, так як при цьому в одному захваті буде заготовка і робот вільним захватом знімає оброблену деталь з верстату, а іншим встановлювати заготовку.

Представлена на рис. схема цього пристрою показує, що він складається із двох захватів. Перед горизонтально розміщеним захватом встановлено кисть, яка

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

дозволяє змінювати орієнтацію цього пристрою відносно власної вісі .Це дозволяє виконувати перевстановлення оброблюваної деталі, щоб обробити її з двох кінців. Для зміни захватів місцями використовується відповідний механізм який виконаний у вигляді зубчато-рейкової передачі. Рейка нарізана на штоку, що з'єднує два поршні. Кожний із цих поршнів розміщено у відповідному пневмоциліндрі. Вказані циліндри спеціальним кронштейном приєднані до фланця кінцевої частини руки робота. При переміщенні шток-рейки здійснюється обертання вал-шестерні до кінців якого приєднані, через проміжні пластини, захват та кисть із захватом. Для введення деталі в патрон використовується спеціальний повзун.

3.3.2. Розрахунок сил затиску

Особливість виконання цих розрахунків є те, що в пристрої використовується два захвати ,кожний із яких може мати горизонтальне і вертикальне положення. Тому виконаємо два таких розрахунки для кожного із яких складаємо розрахункові схеми. В даних схемах вибираємо найбільш навантажену схему дії сил.

3.3.2.1. Розрахунок горизонтально розміщеного захвату

Для даного варіанту розрахункова схема наведена на рис. Згідно цієї схеми складаємо рівняння рівноваги деталі під дією всіх прикладених до неї сил [34] :

$$\sum P_x = P_i - P^1 2 \sin L - P^1 4 \sin L - F 2 \cos L - 4F \cos L = 0$$

Де P_i – сила інерції, яка дорівнює $P_i = a \cdot m$,

a – прискорення руху, яке для існуючої конструкції робота дорівнює

$$a = 9,8 \text{ м/с}^2$$

G – вага деталі. Згідно пропоуєних даних на дану конструкцію робота, його вантажність

$$G = 20 \text{ кг}$$

Тоді маса деталі буде $m = 2 \text{ кг}$

$P_1; P_2; P_3; P_4$ – відповідно сили затиску;

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

F – сили тертя, які визначаються

$$F = f \cdot P$$

де f – коефіцієнт тертя ($f = 0,1$).

Відповідно до цих даних переходимо до визначення сил затиску, тоді вихідне рівняння має вид

$$P_2^I \sin L + P_4^I \sin L + F_2 \cos L + F_4 \cos L = P_i$$

Так як система сил, що діють на деталь є симетричною, то кут (α) однаковий для сили P_2 і P_4 , а тому можна прийняти умову

$$P_2^I \sin L = P_4^I \sin L = P^I \sin L$$

Відповідно також умова буде і до сил тертя

$$F_2 \cos L = F_4 \cos L = F \cos L$$

Враховуючи те що

$$F \cos L = P \cos L$$

тоді загальне рівняння сил затиску деталі можна записати

$$2P^I \sin L + 2fP^I \cos L = P_i$$

Звідки необхідні сили затиску в горизонтальному напрямку будуть

$$P^I = \frac{P_i}{2 \cdot (\sin L + f \cos L)}$$

Відповідно, при куті $L = 30^\circ$

$$P_2^I = P_4^I = \frac{9,8 \cdot 2,0}{2 \cdot (0,5 + 0,1 \cdot 0,86)} = 16,6 \text{ кГ}$$

З іншого боку потрібно розглядаємо умови рівноваги деталі у вертикальному напрямку

$$\sum P_y = P_1^{II} \cos L + P_2^{II} \cos L - G = 0$$

Так як $P_1^{II} = P_2^{II} = P^{II}$

То $2P^{II} \cos L = G$

$$P^{II} = P_1^{II} = P_2^{II} = \frac{G}{2 \cos L} = \frac{20}{2 \cdot 0,86} = 11,6 \text{ кГ}$$

Підсумкове значення мінімально необхідних сил затиску буде

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$P_1 = P_1^{\text{II}} = 11,6 \text{ кГ}$$

$$P_2 = P_2^{\text{I}} + P_2^{\text{II}} = 16,6 + 11,6 = 28,2 \text{ кГ}$$

$$P_3 = 0; P_4 = P_4^{\text{I}} = 16,6 \text{ кГ}$$

По цим силам переходимо до визначення необхідної сили на штоку пневмоциліндра. Для цього спочатку запишемо умови рівноваги механізмів. Для верхнього важеля

$$P_4 \cdot l_2 = N_2 \cos \beta \cdot l$$

Так як в діючій конструкції, при заданих умовах, кут ($\beta = 15^\circ$), а плечі важелів:

$$l_2 = 50 \text{ мм}; l = 20 \text{ мм}$$

тоді

$$N_2 = \frac{P_4 \cdot l_2}{\cos \beta \cdot l} = \frac{11,6 \cdot 20 + 14,2 \cdot 50}{0,96 \cdot 20} = 43 \text{ кГ}$$

Послідуюча передача сил здійснюється через клиновий механізм, а тому його можна записати відповідно для верхнього важеля

$$Q_2 = N_2 \tan \gamma$$

Де Q_2 – частина сили на штоку Q , яка відноситься до затиску верхнім важелем.

γ – половина кута клину, яка дорівнює $\gamma = 30^\circ$

$$\text{тоді } Q_2 = 17,5 \cdot \tan 30^\circ = 22,0 \cdot 0,57 = 12,5 \text{ кГ}$$

Для нижнього важеля

$$Q_1 = N_1 \tan \gamma = 43 \cdot 0,57 = 24,5 \text{ кГ}$$

Сумарна сила яку повинен створювати пневмоциліндр

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24,5 + 12,0 = 36,5 \text{ кГ}$$

Необхідна сила на штоку створюється тиском повітря яке подається в ліву порожнину, а відповідно витримується умова

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4} \rho$$

Де D_p – розрахунковий пневмоциліндр,

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

ρ – тиск повітря, який в діючій конструкції

$$\rho = 3 \text{ кг} / \text{см}^2 = 0,3 \text{ МПа}$$

Тоді необхідне значення діаметру пневмоциліндру буде

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 36,5}{3,14 \cdot 3}} = \sqrt{15,5} = 3,9 \text{ см} = 39 \text{ мм}$$

Враховуючи, що в розрахунку визначались мінімально необхідні сили затиску, то визначене значення діаметру пневмоциліндра збільшимо на коефіцієнт запасу $k = 1,2$. Таким чином, дійсне значення пневмоциліндру буде

$$D = k \cdot D_p = 1,2 \cdot 39 = 46,8 \text{ мм}$$

Приймаємо більше стандартне значення пневмоциліндру

$$D = 50 \text{ мм}$$

3.3.2.2. Розрахунок вертикально розміщеного захвату

Для даного варіанту розрахункова схема наведена на рис.б. Найбільш навантаженою умовою цієї схеми, коли сила ваги G і сила інерції співпадають по напрямку. Тоді рівняння рівноваги має вид [34]:

$$P_2 \sin L + P_4 \sin L + F_2 \cos L + F_4 \cos L - G - P_i = 0$$

Так як $P_2 \sin L = P_4 \sin L = P \sin L$

а $F_2 \cos L = F_4 \cos L = F \cos L = fP \cos L$

Тоді початкове рівняння матиме вид

$$2P \sin L + 2f \cos L = G + P_i$$

Звідки

$$P = \frac{G + P_i}{2 \cdot (\sin L + f \cos L)}$$

Представляючи вихідні дані отримаємо

$$P = P_2 = P_4 = \frac{20 + 10}{2 \cdot (0,5 + 0,1 \cdot 0,86)} = 25 \text{ кг}$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Передача сил затиску через важільні механізми виконується згідно умови рівноваги важелів. Так як сили на кожному важелі однакові то і рівняння їх рівноваги також однакові. Наприклад для лівого важеля:

$$P_2 \cdot l_2 = N_1 \cos \beta \cdot l$$

Тому, потрібна сила на протилежному кінці важеля, при $\beta = 150^\circ$, буде

$$N_1 = \frac{P_2 \cdot l_2}{\cos \beta \cdot l} = \frac{25 \cdot 40}{0,96 \cdot 20} = 52 \text{ кГ}$$

Передача цих сил через клиновий механізм виконується за умовою

$$Q_1 = N_1 \cdot \operatorname{tg} L = 52 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 44,5 \cdot 0,47 = 25,4 \text{ кГ}$$

Так як затискних важелів два, то сумарна сила на штоку пневмоциліндра

$$Q = Q_1 + Q_2 = 25,4 + 25,4 = 50,8 \text{ кГ}$$

Визначена сила реалізується при подачі стиснутого повітря в без штокову порожнину з виконанням умови

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rho$$

Звідки знаходимо необхідне розрахункове значення діаметра пневмоциліндра

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50,8}{3,14 \cdot 3,0}} = 4,6 \text{ см} = 46 \text{ мм}$$

Якщо прийmemo коефіцієнт запасу ($k = 1,2$) то дійсне значення пневмоциліндра буде

$$D_o = k \cdot D_p = 1,2 \cdot 46 = 55,2 \text{ мм}$$

В даних умовах доцільно приймати більше ближнє стандартне значення діаметру $D_o = 60 \text{ мм}$.

Так як в даному розрахунку, коли захват займає вертикальне положення, потрібний діаметр циліндра більший чим при горизонтальному розміщенні захвату, то кінцево приймаємо $D_o = 60 \text{ мм}$.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Загальні особливості визначення якості промислових робітів

Впровадженню промислових робітів повинен передувати комплексний аналіз виробництва та стан досягнень в цьому напрямку. Результати цього аналізу дозволяють визначити найбільш доцільні місця роботизації, послідовність проведення цих робіт, форми та засоби їх виконання тощо. При цьому необхідно враховувати характер виробництва, накопичений досвід механізації і автоматизації і т.п. [54] Це вказує на необхідність детального обґрунтування рішень, що приймаються на етапах створення, впровадження та експлуатації РТК. Одними з таких питань є продуктивність виконання промисловим роботом розвантаження і завантаження технологічного обладнання, кількість вивільнених працівників від яких значною мірою, залежить ефективність роботизації.

Оскільки продуктивність РТК залежить від часу роботи технологічного обладнання, допоміжних пристроїв та промислових робітів, то необхідно проаналізувати час роботи кожної з цих складових. Особливу увагу слід приділити роботі промислового робота на робочій позиції верстата, оскільки цей час не перекривається роботою технологічного обладнання.

4.2. Структурні дослідження по визначенню продуктивності роботизованих комплексів

Час обробки деталей на РТК, що визначає його продуктивність, залежить від часу роботи кожної складової комплексу, а тому структуру циклу роботи РТК в загальному вигляді можна представити:

$$T_{РТК} = T_{ТО} + T_{ПР} + T_{ДП};$$

де $T_{РТК}$, $T_{ТО}$, $T_{ПР}$, $T_{ДП}$ – відповідно час циклу роботи комплексу, технологічного обладнання та неперекритий час роботи промислового робота та допоміжних пристроїв.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Оскільки в якості технологічного обладнання в дослідженнях виступають металорізальні верстати, то надалі будемо позначати $T_{ТО} = T_B$, де T_B – час роботи верстата.

У вищенаведеній формулі час $T_{ПР}$ і $T_{ДП}$ приймається той, що не перекривається T_B , або один одним. Враховуючи те, що РТК мають досить різноманітне виконання, як стосовно верстатів, промислових роботів й допоміжних пристроїв, так і їх компоновального розміщення, то ці особливості приводять до різної продуктивності комплексів. Для пошуку кращих варіантів доцільно проаналізувати продуктивність РТК визначивши основні його складові [33]:

1. Технологічне обладнання, що включає такі складові часу циклу роботи РТК: t_o – основний час роботи ТО; t_d – допоміжний час роботи технологічного обладнання.

Якщо в комплекс входить два і більше верстатів, то відповідно їх час буде: $t_{o1}; t_{o2}; \dots; t_{d1}; t_{d2}; \dots$

2. Промисловий робот в РТК обслуговує технологічне обладнання, і неперекриваемий час цього обслуговування включає:

$t_{p(v1)}; t_{p(v2)} \dots$ – час безпосередньої роботи промислового робота, відповідно, з першим, другим верстатами по їх завантаженню і розвантаженню;

$t_{p(dp1)}; t_{p(dp2)} \dots$ – час безпосередньої роботи промислового робота з допоміжними пристроями по взяттю заготовки (встановленню деталі) в позиції цих пристроїв;

$t_{p(v-dp)}; t_{p(dp-v)}; t_{p(dp1-dp2)} \dots$ – час переміщення робота від верстата до пристроїв і навпаки, чи від одного допоміжного пристрою до іншого.

3. Допоміжні пристрої також можуть здійснювати необхідні рухи, що потребує відповідного часу:

$t_{dp1}; t_{dp2}; \dots$ – неперекритий час функціонування допоміжних пристроїв.

Окрім наведених значень часу мають місце і перекриті складові роботи промислового робота та допоміжних пристроїв. Чим більше цього часу перекривається роботою верстата, тим краще побудований РТК, а відповідно вище

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

його продуктивність. Тож важливим питанням є аналіз всіх цих особливостей роботизації виробництва.

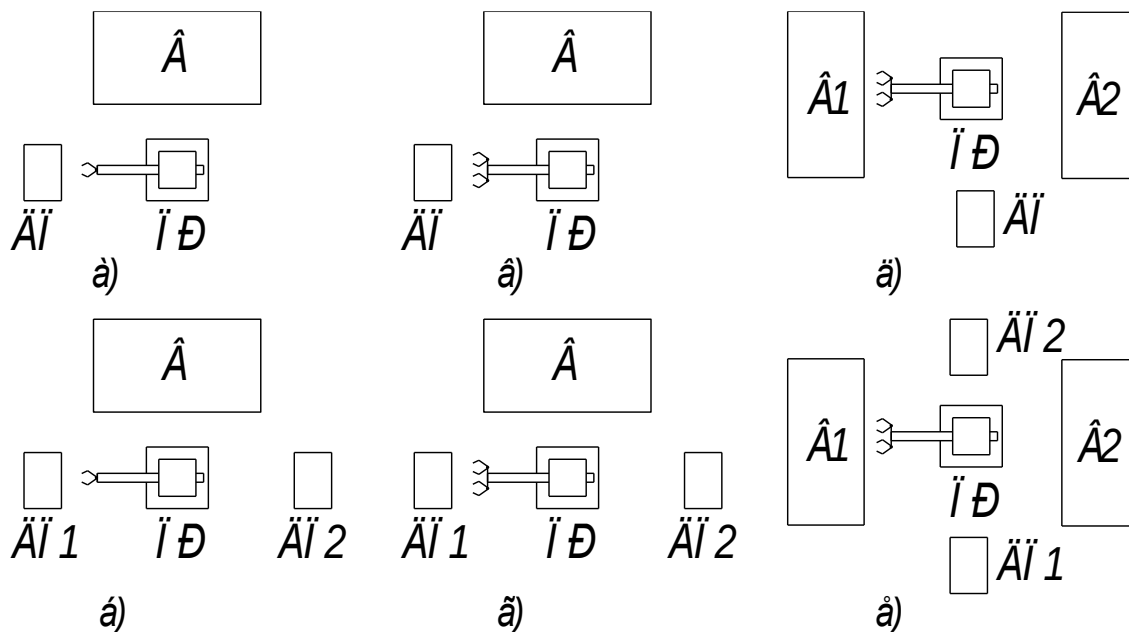


Рис. 4.1. Схеми компоновок РТК

Першим і актуальним кроком у вирішенні поставленого завдання є структурне представлення будови комплексу та структури його продуктивності [37]. Для комплексу, що містить один верстат і обслуговується одноруким однозахватним промисловим роботом (рис. 4.1, а, б), структура будови має вигляд:

$$РТК = \begin{cases} \rightarrow B + ПР(1p, 1z) + ДП \\ \rightarrow B + ПР(1p, 1z) + ДП1 + ДП2 \end{cases} ;$$

Верхній рядок відповідає варіанту з одним допоміжним приймально-подавальним пристроєм (рис. 4.1, а), а нижній рядок – варіанту з двома окремими приймальним і подавальним допоміжними пристроями (рис. 4.1, б). У формулі біля позначення промислового робота вказана кількість його рук і захватів. У даному випадку – одна рука (1p) і один захват (1z). Для даних РТК узагальнена структура продуктивності буде мати вигляд:

$$\rightarrow \boxed{\bar{T}_B + \bar{T}_{ПР} + \bar{T}_{ДП}}$$

$$T_{РТК} = \begin{matrix} \rightarrow T_B + \boxed{T_{ПР} + T_{ДП1} + T_{ДП2}} \end{matrix} ;$$

Пунктиром виділені складові часу роботи комплексу, які можуть повністю або частково перекриватися роботою технологічного обладнання, або один одним. У більш розширеному вигляді структура продуктивності РТК відповідно до варіантів їх будови (рис. 4.1, а, б) представлена на рис. 4.2.

Як в структурі будови, так і в структурі продуктивності верхня гілка відповідає варіанту (рис. 4.1, а), а нижня – варіанту (рис. 4.1, б).

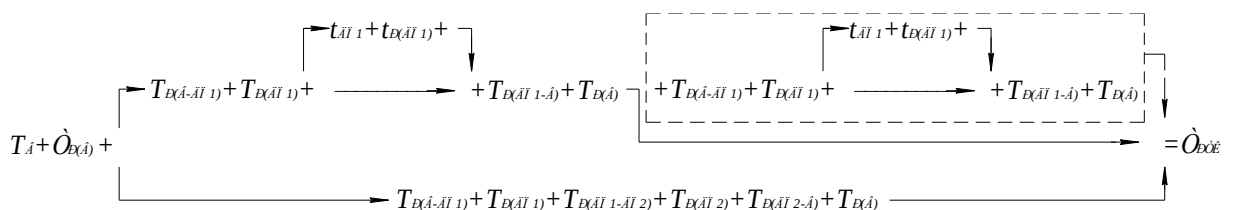


Рис. 4.2. Розширена структура продуктивності РТК з одноруким та однозахватним промисловим роботом

Для комплексів з одним верстатом і одноруким та двозахватним промисловим роботом (рис. 4.1, в, г) структура будови має вигляд:

$$РТК = \begin{matrix} \rightarrow B + ПР(1р, 2з) + ДП \\ \rightarrow B + ПР(1р, 2з) + ДП1 + ДП2 \end{matrix} ;$$

Відповідно узагальнена структура продуктивності буде:

$$T_{РТК} = \begin{matrix} \rightarrow T_B + \boxed{T_{ПР} + T_{ДП}} \\ \rightarrow T_B + \boxed{T_{ПР} + T_{ДП1} + T_{ДП2}} \end{matrix} ;$$

Розширена структура продуктивності для даних роботизованих комплексів наведена на рис. 4.3.

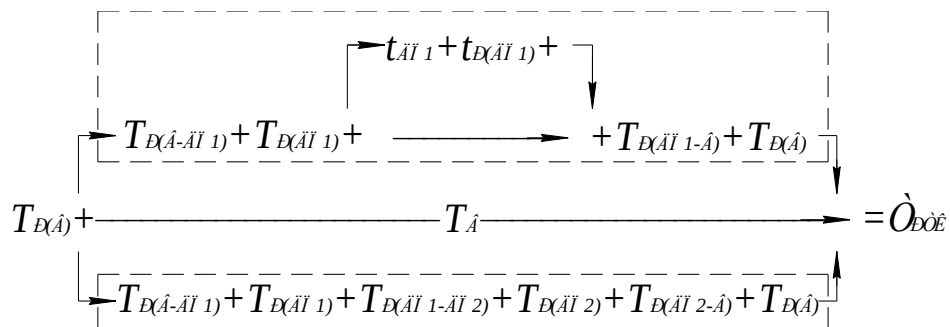


Рис. 4.3. Розширена структура продуктивності РТК, що містить один верстат і обслуговується одноруким, двозахватним промисловим роботом

Верхня гілка структури відповідає виконанню РТК, що містить двозахватний промисловий робот і приймально-подавальний допоміжний пристрій (рис. 4.1, в), а нижня – виконанню де приймальний і подавальний пристрої розміщені окремо (рис. 4.1, г).

У формулах постійними складовими є час роботи обладнання (T_B) та час обслуговування верстата промисловим роботом ($T_{P(B)}$), а інші складові можуть бути відсутні, в залежності від будови та особливостей роботи РТК. Якщо основний час роботи обладнання (t_0) є величиною незмінною для конкретного технологічного процесу, то всі інші складові можуть змінюватися залежно від особливостей виконання комплексу.

4.3. Аналіз продуктивності роботизованого комплексу

4.3.1. Залежність продуктивності РТК від виконання промислового робота

Для порівняльної оцінки розглянемо продуктивність РТК, що обслуговується одноруким однозахватним роботом та одноруким двозахватним роботом, розміщеними на підлозі перед верстатом. Допоміжні пристрої виконані у вигляді подавального і приймального пристроїв, що розташовані перед верстатом і забезпечують можливість взяття заготовки з однієї позиції та встановлення обробленої деталі в іншу позицію приймального пристрою [33].

На основі прийнятих умов складаємо розрахунково-компонувальну схему (рис. 4.4), на якій позначені координати позицій транспортованих деталей.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

По встановлених даних визначаємо час руху:

Час руху	“Бриг-10”	“МВ.ПР”
горизонтальний рух	$t_z = 0,5 / 0,6 = 0,83c$	$t_z = 0,5 / 0,8 = 0,63c$
вертикальний рух	$t_g = 0,1 / 0,3 = 0,33c$	$t_g = 0,1 / 0,4 = 0,25c$
рух повзуна	$t_n = 0,06 / 0,6 = 0,1c$	$t_n = 0,06 / 0,5 = 0,12c$
обертання руки	$t_o = 90 / 90 = 1,0c$	$t_o = 90 / 90 = 1,0c$

Схема рухів промислового робота з однією рукою і одним захватом показана на рис. 4.5. Усі рухи позначені безперервними лініями із стрілками, що вказує на виконання їх при зупиненому верстаті. Таким чином, знаючи послідовність рухів, визначаємо їх величину, а, відповідно, час роботи промислового робота по завантаженню і розвантаженню верстата.

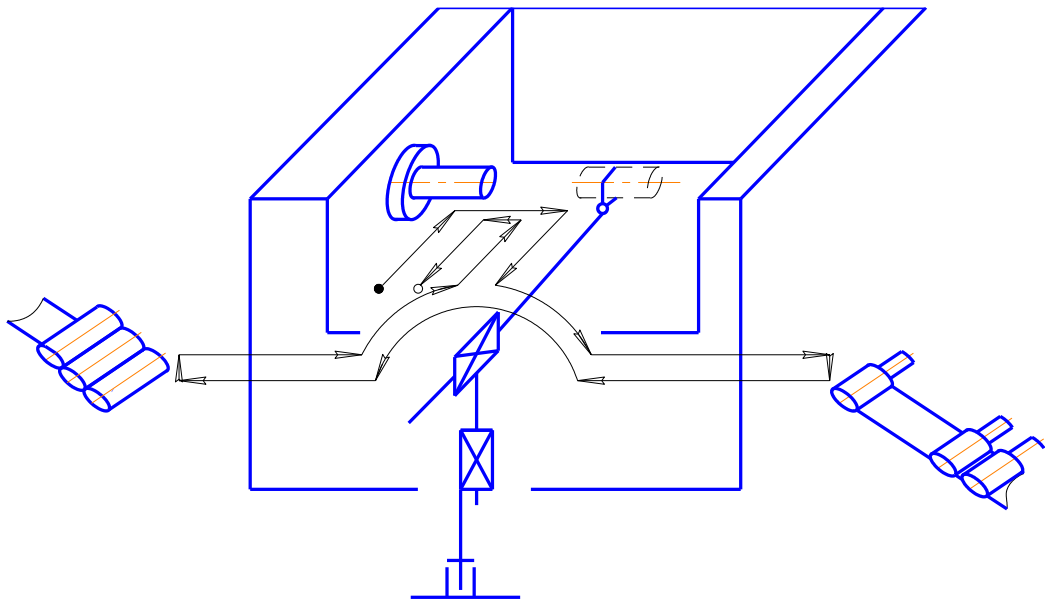


Рис. 4.5. Схема рухів однорукого однозахватного робота по завантаженню і розвантаженню верстата

При здійсненні обертювих рухів необхідно враховувати додатковий час на виведення проміжного упора, який за технічними характеристиками промислового робота складає 0,5с. Цей час враховується тільки при обертанні руки від позиції верстата до позиції приймального пристрою. На основі отриманих даних

[illegible]

Для РТК з одноруким двозахватним роботами схеми рухів по розвантаженню та завантаженню токарного верстата наведено на рис. 4.7 і 4.8, відповідно.

На даних схемах безперервними лініями також показані рухи, які виконуються при зупиненому верстаті, а пунктирною – при працюючому. У схему двозахватного промислового робота включений механізм зміни захватів місцями, що забезпечує даний рух за 1с. На основі технічних характеристик промислових роботів побудовано циклограми для даних РТК (рис. 4.6, 4.8).

Порівнюючи дані циклограм, підсумовуємо, що використання двозахватного пристрою, порівняно з одноруким однозахватним роботом, дозволяє скоротити час простою верстата під завантаженням і розвантаженням майже в 4 рази ($14.5:3.86 = 3.76$). Цей результат досягнуто за рахунок того, що при використанні двозахватних пристроїв основна частина рухів промислового робота відбувається під час роботи верстата.

Отримана величина скорочення простою обладнання може змінюватися в межах 2-7 разів залежно від виконуваної операції, технічних характеристик використовуваних роботів та даних розрахунково-компонувальних схем РТК. Значно більшим буде простоювання технологічного обладнання при збільшенні відстані між позиціями приймального і подавального пристроїв по відношенню до робочої позиції верстата та промислового робота.

4.4. Залежність продуктивності РТК від часу роботи промислового робота та технологічного обладнання

Важливою складовою оцінки продуктивності РТК є аналіз впливу на продуктивність часу роботи верстата і часу роботи промислового робота по його обслуговуванню. Зазначений аналіз можна провести за формулою [35]:

$$Q = \frac{1}{T_B + T_P + T_{ДП}};$$

де Q – продуктивність роботи РТК;

T_B – час роботи верстата;

T_P – неперекритий час роботи промислового робота;

$T_{ДП}$ – неперекритий час роботи допоміжних пристроїв.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Графік (рис. 4.9) побудовано при часі роботи верстата $t_{\text{вер}} = 0,1(Q1); 0,5(Q2); 1,0(Q3); 5,0(Q4)$ хв. Час роботи промислового робота змінювався від 0 до 1,0 хв.

Наведені графіки наглядно представляють характер залежностей продуктивності роботи роботизованих комплексів від основних складових частин факторів оцінюючих особливості будови технологічного обладнання, промислового робота, допоміжних пристроїв, їх компоновального розміщення та інших технічних і організаційних особливостей їх функціонування у виробничому процесі. В даному плані особливо велике значення мають особливості конструктивного виконання промислових робіт: одноруки чи дворуки; однозахватні чи багато захватні.

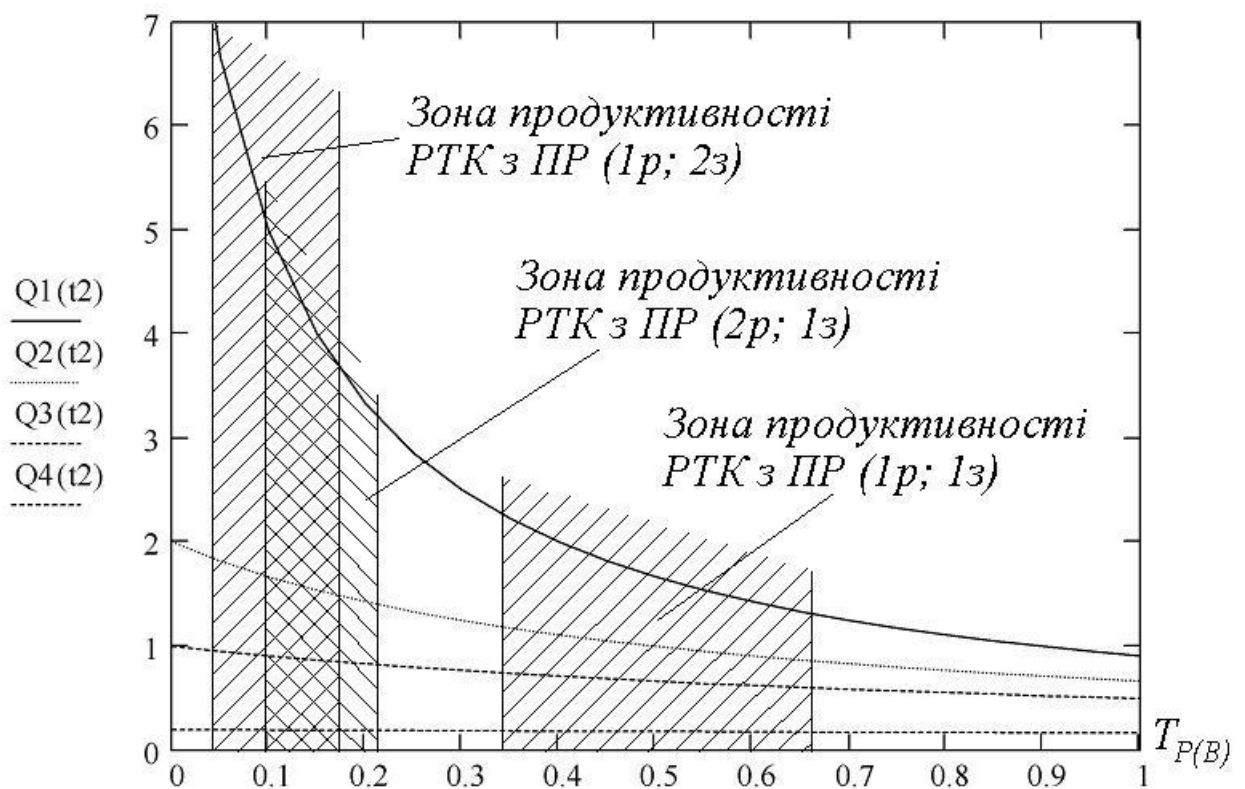


Рис. 4.9. Графік залежності продуктивності РТК від часу роботи технологічного обладнання та промислового робота

З графіка видно, що час роботи промислового робота суттєво впливає на продуктивність комплексу у випадку, коли час роботи технологічного обладнання

незначний, а при його збільшенні час роботи робота має все менший вплив на продуктивність РТК.

Із циклограм (рис. 4.6, рис. 4.8), на графіку (рис. 4.9) виділено зони продуктивності, що відповідають використанню в РТК одноруких однозахватних, та одноруких двозахватних промислових роботів. Усе це вказує на суттєве підвищення продуктивності РТК при використанні двозахватних роботів.

4.5. Основні напрямки вдосконалення конструкцій промислових роботів та виробничого їх використання

Практика експлуатації промислових роботів ставить високі вимоги до ефективності їх використання. Одним із найбільш загальних критеріїв прогресивності та економічної ефективності нової техніки є підвищення продуктивності праці. Теорія продуктивності праці [54] дозволяє аналізувати вплив основних техніко-економічних характеристик конструкцій роботів на підвищення продуктивності праці. На основі цієї теорії продуктивність праці визначає відношення кількості випущеної продукції до трудових витрат:

$$П = W / T,$$

де П – продуктивність праці;

W – кількість випущеної продукції;

T – трудові витрати, необхідні для випуску даної кількості продукції.

Підвищення продуктивності праці визначається як відношення продуктивності обладнання, обслуговування якого може здійснюватися промисловим роботом і робітником (чи іншим роботом):

$$\lambda = П_2 / П_1;$$

де λ – коефіцієнт підвищення продуктивності праці;

П₁ – продуктивність праці, яку забезпечує обладнання при обслуговуванні його робітником;

П₂ – продуктивність праці, яку забезпечує обладнання при обслуговуванні його роботом.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Продуктивність праці на робочому місці:

$$П_1 = \frac{W_1}{T_1} = \frac{Q_1 \cdot N}{T_{ж1} \cdot N} = \frac{Q_1}{T_{ж1}},$$

де Q_1 – кількість випущеної продукції за рік;

$T_{ж1}$ – поточні річні витрати живої праці на обслуговування робітником обладнання (річна заробітна плата, відрахування на соціальне страхування та ін.);

N – час експлуатації обладнання у роках.

Цю формулу, через параметри роботи в різні зміни, можна записати:

$$П_1 = \frac{Q'_1 + Q''_1 + Q'''_1}{T'_{ж1} + T''_{ж1} + T'''_{ж1}},$$

де $Q'_1 \dots Q'''_1$; $T'_{ж1} \dots T'''_{ж1}$ – відповідно, значення кількості випущеної продукції і витрат живої праці по першій, другій та третій змінах.

Якщо використати значення циклової продуктивності (приймаючи умову, що випускаються або обробляються на обладнанні одні і ті ж самі деталі або вироби):

$$q_1 = 1 / t_1,$$

де t_1 – період часу, за який виконано повний цикл обробки, на даному обладнанні при обслуговуванні його робітником,

тоді:

$$П_1 = \frac{q_1 (F'_1 j'_1 + F''_1 j''_1 + F'''_1 j'''_1)}{T'_{ж1} + T''_{ж1} + T'''_{ж1}},$$

де $j'_1; j''_1; j'''_1$ – коефіцієнт (ступінь) завантаження (використання) обладнання протягом зміни при обслуговуванні обладнання робітником;

$F'_1; F''_1; F'''_1$ – фонд часу роботи обладнання кожної зміни.

Якщо ввести середнє значення коефіцієнта завантаження обладнання ($j'_1 = j''_1 = j'''_1 = j_1$) і, враховуючи, що фонд часу ($F'_1 = F''_1 = F'''_1 = F_1$), то формулу можна записати [32]:

$$П_1 = \frac{q_1 \cdot F_1 \cdot j_1 \cdot \psi_1}{T_{ж1} \cdot \psi_1} = \frac{q_1 \cdot F_1 \cdot j_1}{T_{ж1}},$$

де $T_{ж1}$ – середньозмінна величина поточних витрат живої праці;

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

ψ – змінність роботи обладнання.

Продуктивність праці, яку забезпечить обладнання при обслуговуванні його роботом, буде:

$$P_2 = \frac{W_2}{T_2} = \frac{Q_2 N}{T_{п2} + N(T_{v2} + T_{ж2})},$$

де Q_2 – річний випуск продукції при даному варіанті експлуатації обладнання;

$T_{п2}$ – одноразові витрати минулої праці на створення, транспортування та монтаж робота;

T_{v2} – річні поточні витрати минулої праці, пов'язані з експлуатацією робота (електроенергія, ремонт і т.п.);

$T_{ж2}$ – поточні річні витрати живої праці на обслуговування робота (заробітна плата наладчика).

При роботі обладнання в кілька змін кількість випущеної продукції можна представити:

$$W_2 = Q_2 N = Q_2 \psi N = q_2 F_2 j_2 \psi_2 N,$$

де q_2 – циклова продуктивність обладнання при обслуговуванні його роботом;

F_2 – фонд часу роботи обладнання та робота в одну зміну;

j_2 – середній (по різних змінах) коефіцієнт завантаження обладнання;

ψ_2 – змінність роботи обладнання.

Трудові витрати з урахуванням змінності роботи обладнання та робота можна записати:

$$T_2 = T_{п2} + N (T_{v2} + T_{ж2}) = T_{п2} + N \psi_2 (T_{v2} + T_{ж2}).$$

Тоді:

$$P_2 = \frac{q_2 \cdot F_2 \cdot j_2 \cdot \psi_2 \cdot N}{T_{п2} + N(T_{v2} + T_{ж2})}.$$

Збільшення продуктивності праці від використання роботів (враховуючи, що фонд часу $F_1 = F_2 = F$) буде:

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$\lambda = \frac{P_2}{P_1} = \frac{q_2 \cdot j_2 \cdot \psi_2 \cdot N}{T_{п2} + N \cdot \psi_2 (T_{в2} + T_{ж2})} \cdot \frac{T_{ж1}}{q_1 j_1}.$$

Оскільки порівняння повинно здійснюватися при однаковій змінності роботи обладнання $\psi_1 = \psi_2 = \psi$, то одержимо:

$$\lambda = \frac{q_2}{q_1} \psi \frac{j_2}{j_1} \frac{N \cdot T_{ж1}}{T_{п2} + N \cdot \psi (T_{в2} + T_{ж2})},$$

Позначимо:

$\varphi = q_2/q_1$ – збільшення продуктивності обладнання від використання робота;

$\omega = j_2/j_1$ – збільшення коефіцієнта завантаження обладнання від використання робота.

Розділивши трудові витрати на $T_{ж1}$, одержимо:

$$\lambda = \varphi \psi \omega \frac{N}{k + N \psi (m + 1/\epsilon)},$$

де $k = T_{п2}/T_{ж1}$ – коефіцієнт відносної вартості робота, який визначає відношення одноразових витрат на придбання та встановлення робота до річної заробітної плати робітника, який обслуговує дане обладнання;

$m = T_{в2}/T_{ж1}$ – коефіцієнт експлуатаційних витрат, який визначає відношення річних поточних витрат минулої праці, що пов'язані з експлуатацією робота, до тієї ж величини заробітної плати;

$\epsilon = T_{ж1}/T_{ж2}$ – коефіцієнт скорочення витрат живої праці при використанні робота.

Із формули випливає, що збільшення продуктивності праці при використанні робота прямопропорційно залежить від зростання продуктивності самого обладнання (φ) та збільшення коефіцієнта завантаження обладнання (ω). Підвищення продуктивності обладнання, як правило, має місце в тому випадку, якщо робот виконує завантаження і розвантаження верстата швидше робітника, скорочуючи тим самим непродуктивне простоювання обладнання. Для цього необхідно, щоб робот мав велику швидкодію рухів по всіх ступенях рухомості, мав багатозахватне або багаторуке виконання та ін. Підвищення продуктивності

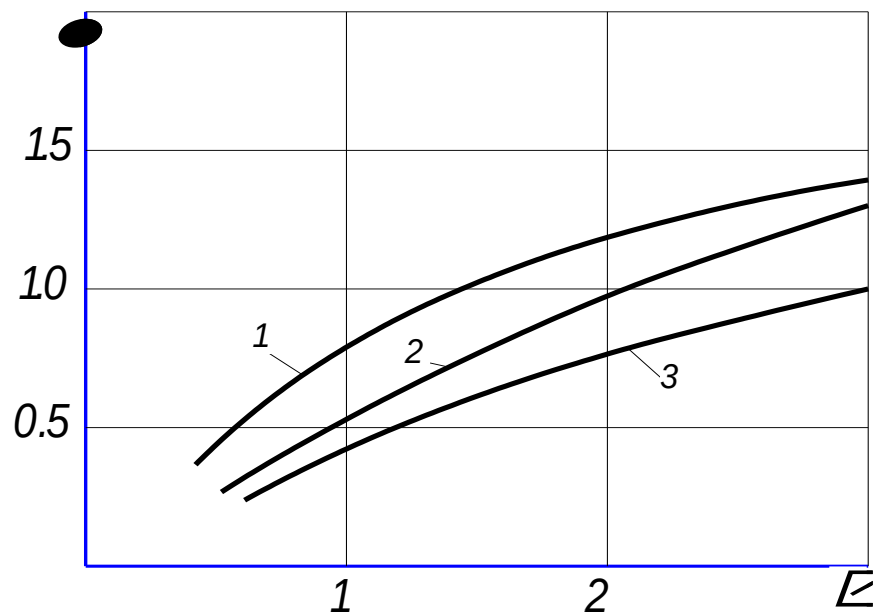
					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

завантаження обладнання досягається також за рахунок "невтомлюваності" робота, тобто його можливості багаторазово, з високою швидкістю та точністю повторювати заданий цикл рухів, а також відсутності в його роботі "перекурів" та ін. відхилень від необхідної ритмічності роботи.

Збільшення продуктивності праці (λ) значною мірою залежить від коефіцієнта відносної вартості робота (k), що досягається за рахунок зниження вартості робота і підвищення річної економії заробітної плати. Основні напрямки зниження вартості робота пов'язані зі стандартизацією та уніфікацією основних вузлів та деталей роботів, створенням модульних конструкцій, централізованим виробництвом роботів. Для збільшення економії заробітної плати необхідно використовувати роботи, що здійснюють багатOVERстатне обслуговування, домагатися більш повного завантаження їх за часом та ін.

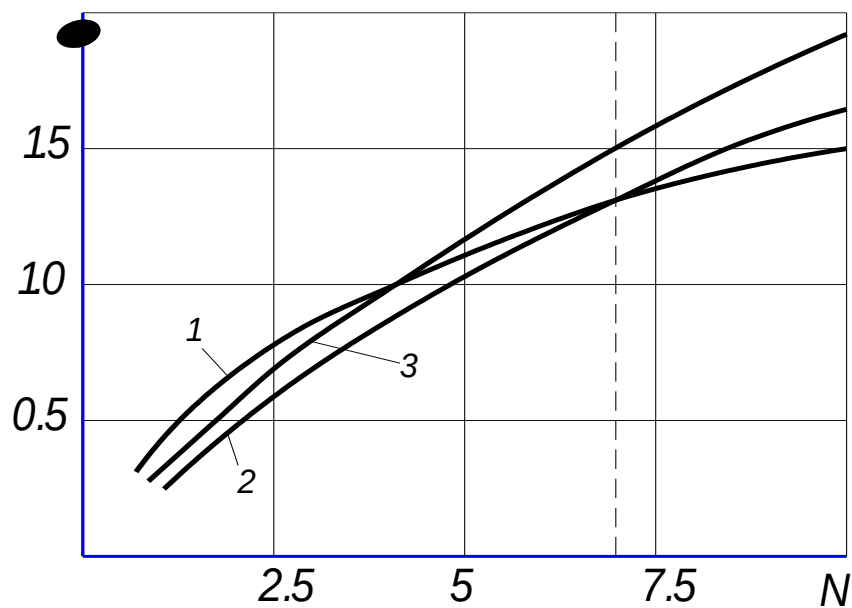
Вплив змінності використання роботів на зростання продуктивності праці показано на рис. 4.10, а. При побудові цих залежностей прийнято, що роботи мають різну вартість: крива 1 – при вартості робота 400000 грн., крива 2 – 800000 грн. Останні дані вказані на рисунку. Також враховувалося, що роботи мають однакові показники використання ($\varphi = 1$; $\omega = 1$), а тому роботи з більшою вартістю є більш сучасними і потребують менших експлуатаційних витрат (m , €).

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



1. $\varphi = 1$; $N = 5$; $m = 0.2$; $\varepsilon = 4$; $k = 4$.
2. $\varphi = 1$; $N = 5$; $m = 0.1$; $\varepsilon = 8$; $k = 8$.
3. $\varphi = 1$; $N = 5$; $m = 0.2$; $\varepsilon = 4$; $k = 8$.

a)



1. $\varphi = 1$; $\psi = 2$; $m = 0.2$; $\varepsilon = 4$; $k = 4$.
2. $\varphi = 1$; $\psi = 2$; $m = 0.1$; $\varepsilon = 8$; $k = 8$.
3. $\varphi = 1.2$; $\psi = 2$; $m = 0.1$; $\varepsilon = 8$; $k = 8$.

б)

Рис. 4.10. Залежності продуктивності праці від змінності та часу експлуатації
робота

Якщо ж використовується більш дорогий робот (у даному прикладі 800 тис. грн.), а експлуатаційні витрати не зменшуються, то ефективність такої роботизації значно зменшується (крива 3).

Із графіків випливає, що підвищення змінності веде до значного збільшення продуктивності праці. Особливо ефективним є перехід від однозмінного використання роботів до двозмінного. Подальше підвищення змінності не дає такого ж значного росту продуктивності праці. Найбільше це стосується роботів меншої вартості, де інтенсивність збільшення експлуатаційних витрат вища.

Залежність зміни продуктивності праці від часу експлуатації (N) при різних значеннях характеристик роботів наведена на рис. 4.10, б. При малих термінах експлуатації роботів більш вигідним буде використання спрощених конструкцій меншої вартості (крива 1).

Якщо термін експлуатації значний, то доцільніше використовувати більш сучасні роботи більшої вартості, але меншими експлуатаційними витратами (крива 2). Точка перетину цих кривих визначає межі їх доцільного використання. Усі розглянуті залежності наведені з умовою, що продуктивність і завантаження обладнання постійні ($\varphi=1$; $\omega=1$). Якщо ж використання робота збільшує продуктивність (φ), то ефективність такої експлуатації прямопропорційно збільшується (крива 3). Подібна залежність має місце і від збільшення коефіцієнта завантаження обладнання (ω), що потребує менших витрат, ніж для підвищення продуктивності обладнання (φ).

У практиці оцінку ефективності нової техніки також визначають за терміном окупності додаткових капітальних витрат. З точки зору продуктивності суспільної праці, термін окупності – це той термін часу ($N = T$), коли продуктивність праці обох варіантів зрівнюється по величині, тобто $\lambda=1$.

Підставляючи ці значення у формулу зростання продуктивності праці, отримаємо формулу терміну окупності додаткових капітальних витрат на створення та впровадження промислових роботів:

$$T = \frac{k}{\psi[\varphi \cdot \omega - (m + 1/\epsilon)]}.$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

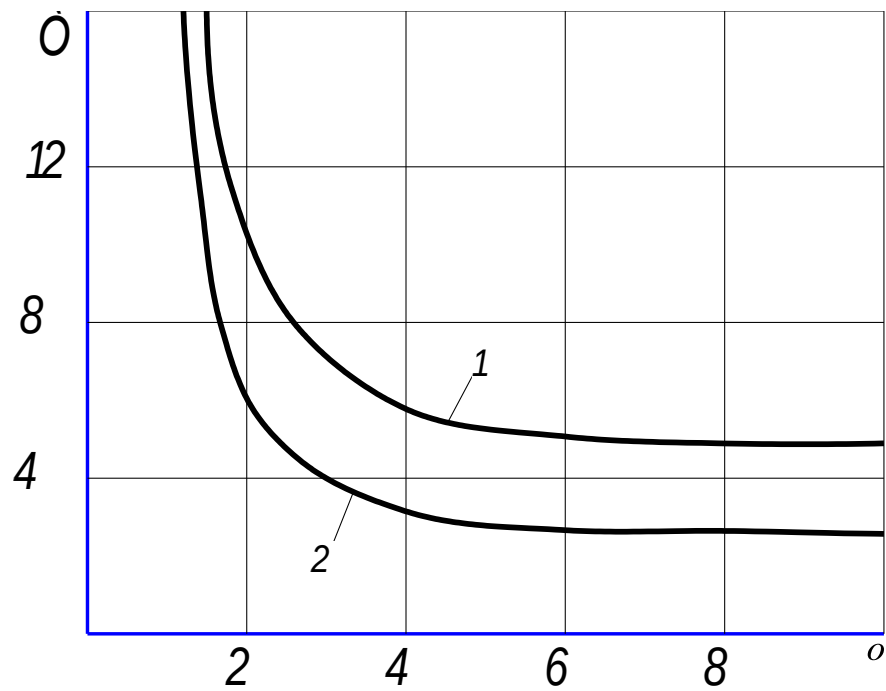
Термін окупності робітв прямопропорційно залежить від відносної їх вартості (k) і зворотнопропорційно від змінності їх використання (ψ).

Залежність (T) від величини поточних витрат на налагодження та обслуговування робота (ϵ) наведена на рис. 4.11, а. Ці графіки вказують, що збільшення (ϵ) забезпечує значне скорочення термінів окупності тільки в початковий період. Для подальшого зменшення термінів окупності необхідно покращувати техніко-економічні характеристики робота (крива 2 відносно кривої 1). Із графіків також випливає, що норма обслуговування одного наладчика повинна складати не менше 4 – 5 робітв вартістю 400 – 800 тис. грн.

Терміни окупності робітв значною мірою залежать від продуктивності (ϕ) обладнання (рис. 4.11, б). Навіть незначне зменшення продуктивності обладнання ($\phi < 1$) спричиняє різке збільшення термінів окупності, особливо дороговартісних конструкцій (крива 2), а тим більше для робітв зі значними поточними витратами (крива 3). Така ж закономірність має місце і для залежності (T) від (ω).

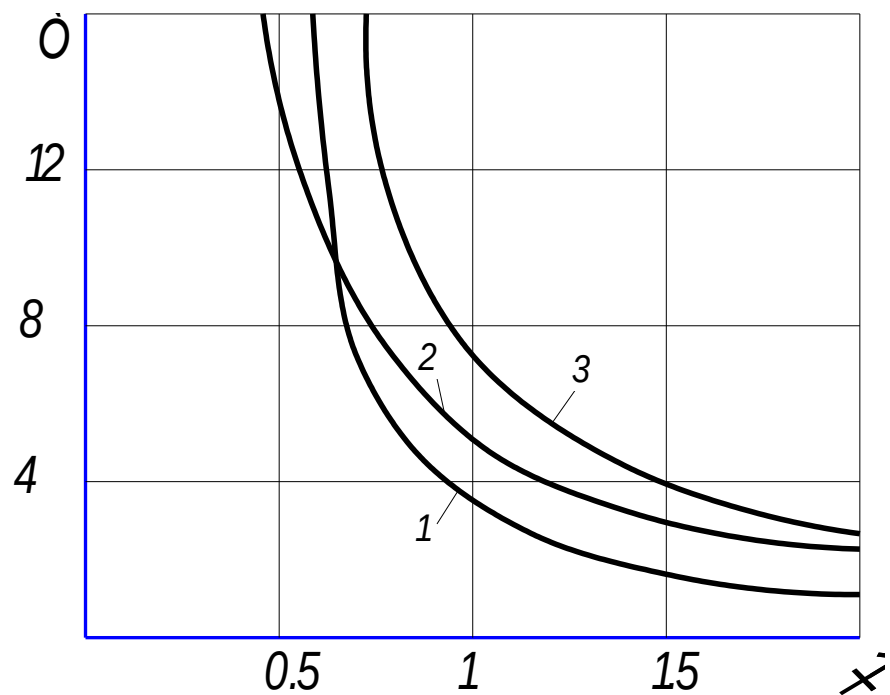
В цілому для підвищення економічної ефективності від використання промислових робітв необхідно забезпечувати: визначення оптимальної складності та вартості їх конструкції відповідно до цільового призначення; збільшення змінності та ступеня завантаження робітв і обслугованого ними обладнання по часу; забезпечення підвищення продуктивності обладнання від використання робітв.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



1. $\varphi = 1; \quad \psi = 2; \quad m = 0.1; \quad k = 8.$
2. $\varphi = 1; \quad \psi = 2; \quad m = 0.2; \quad k = 4.$

а)



1. $\psi = 2; \quad m = 0.2; \quad \varepsilon = 4; \quad k = 4.$
2. $\psi = 2; \quad m = 0.1; \quad \varepsilon = 8; \quad k = 8.$
3. $\psi = 2; \quad m = 0.2; \quad \varepsilon = 4; \quad k = 8.$

б)

Рис. 4.11. Залежність терміну окупності робота від витрат праці та продуктивності обладнання

5. Економічна частина

5.1. Визначення економічної доцільності

Впровадження модернізованого варіанту конструкції промислового робота згідно поставленого завдання, що повинно бути реалізовано у вигляді роботизованого комплексу при виконанні обробки вибраної деталі. Для цього розглянуто питання розробки технологічного процесу виготовлення деталі з вирішенням всіх необхідних розрахунків та обґрунтувань. Це включає в себе також вибір необхідного обладнання, в даному випадку верстатів з ЧПУ, технологічних пристроїв, ріжучих інструментів, промислових роботів та ін. Відносно промислових роботів передбачається їх модернізацію де замість однорукого однозахватного виконання робота впроваджено двозахватне виконання. Це дозволяє значно скоротити час простоювання верстатів під завантаженням та розвантаженням. Відповідно до виконаних в проекті змін, визначення їх економічної доцільності розглянуто на прикладі однієї (токарної) роботизованої операції.

Визначення економічної ефективності модернізації конструкції промислового робота для токарних операцій виконано з урахуванням головних умов розробленої модернізації яка базувалась на створенні нового варіанту робота який має модульні складові типових вузлів конструкцій промислових роботів. Головними із яких є:

- використання в модернізованому роботі двозахватного виконання сприяє підвищенню його продуктивності, а відповідно і всього комплексу;
- використання в роботизованій ділянці по виготовленню вибраної деталі, планується використання декількох роботизованих комплексів з однаковими промисловими роботами, що сприятиме покращенню умов їх експлуатації, а відповідно і економічній доцільності;
- скороченню потреби в робочій силі на ділянці.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Завдяки можливості швидкого переналагодження промислового робота для виконання різних задач його використання робить економічно доцільною автоматизацію в умовах частої зміни об'єктів виробництва та при заміні ручної малокваліфікованої праці.

Економічний ефект при використанні промислових роботів виникає завдяки підвищенню продуктивності обладнання, тобто зростає об'єм випуску продукції і основного технологічного обладнання, який обслуговує робот, або підвищенням продуктивності праці на операції, яку виконує робот.

При визначенні економічного ефекту необхідно створити однакові умови порівняльних варіантів, а саме: режим роботи, обсяг виробленої продукції, її якість, ціни та інше.

Порівняння варіантів ведеться з розрахунку виробництва річного обсягу продукції.

Економічний ефект від виробництва та використання роботизованого комплексу (технологічне обладнання та промисловий робот) визначається за формулою [14]:

$$E = C_1 \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{\frac{1}{T_1} + E_H}{\frac{1}{T_2} + E_H} + \frac{(I_1 - I_2) - E_H(K_2 - K_1)}{P_{ам} + E_H} - C_2$$

де C_1, C_2 – ціна базового і модернізованого обладнання;

B_1, B_2 – коефіцієнт який враховує зростання продуктивності одиниці модернізованого обладнання порівняно з базовим;

T_1, T_2 – термін служби базового та модернізованого обладнання;

I_1, I_2 – річні експлуатаційні витрати споживача за варіантами;

K_1, K_2 – капітальні вкладення споживача (без вартості обладнання) по базовому та новому варіантами в розрахунку на річний об'єм продукції;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$P_{ам}$ — доля (коефіцієнт) відрахувань на амортизацію при використанні споживачем нового обладнання.

Визначення ціни базового та нового обладнання.

До складу роботизованого комплексу входить токарний верстат з числовим програмним управлінням 16K20Ф3PM132 та модернізований промисловий робот.

Оптова ціна верстата —800 тис. грн.

Оптова ціна робота —400000 грн.

Модернізація робота (3% від його вартості):

$$400000 \cdot 0,03 = 12000 \text{ грн.}$$

Монтаж та налагодження комплексу (5% від вартості всього обладнання):

$$(800000 + 400000 + 12000) \cdot 0,05 = 60600 \text{ грн.}$$

Проектні роботи (2% від вартості обладнання):

$$(800000 + 400000 + 12000) \cdot 0,02 = 24240 \text{ грн.}$$

Загальна вартість комплексу:

$$800000 + 400000 + 12000 + 60600 + 24240 = 1296840 \text{ грн.}$$

Ціна комплексів:

$$Ц_1 = 800000 + 400000 = 1200000 \text{ грн.}$$

$$Ц_2 = 800000 \text{ грн.}$$

Виконання подальших розрахунків вимагає визначення необхідних даних про деталь яка буде обробляться на роботизованому комплексі (табл.. 5.1).

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 5.1.

Вихідні дані про деталь - представник

№ пп	Показник	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3	4
1.	Цикловий час, хв.	1,84	1,66
2.	Допоміжний час, хв.	0,34	0,07
3.	Оперативний час обробки деталі, хв.	2,18	1,73
4.	Час на обслуговування робочого місця, хв. (6% від оперативного часу)	0,13	0,1
5.	Час на особисті потреби, хв.. (4% від оперативного часу)	0,08	-
6.	Штучний час обробки деталі, хв.	2,31	1,83
7.	Час налагодження обладнання, хв. в т.ч. - основного технологічного обладнання: - ПР - допоміжного обладнання	36 28 - 8	38 22 10 6
8.	Річний випуск деталей, шт.	2000	2000

Вихідні дані по обладнанню наведені в табл.. 5.2.

Таблиця 5.2

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Вихідні дані по обладнанню

№ пп	Показник	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3	4
1.	Оптова ціна, тис. грн.	800	1200
2.	Площа, яку займає обладнання, м ² 3,36x1,71	5,7	5,7
3.	Тип устрою ПУ	НЦ-32	НЦ-32
4.	Нормативний строк служби обладнання	6,3	6,3
5.	Ремонтна складність, УРЕ - механічної частина	13	13
6.	Клас точності	Н	Н
7.	Маса, т	5,4±0,1	5,4±0,6
8.	Кількість одиниць обладнання, яке обслуговує один робітник: - оператор (ІІІ р.) - налагоджувач (VІ р.) - транспортний робітник (ІІр.)	2 0,5	- 0,5
9.	Вартість підготовки ПУ на одне найменування деталі, грн.	185	185
10.	Кількість змін роботи обладнання	2	2
11.	Потужність встановлених двигунів, кВт	11	11

Розрахунок допоміжних показників (див. табл.. 5.3).

Таблиця 5.3.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Допоміжні показники

№ пп	Показник	Формула розрахунку	Базовий варіант	Проектуємий варіант
1	2	3	4	5
1.	Коефіцієнт росту продуктивності РК	$\frac{t_{ум.}^{баз.}}{t_{ум.}^{пр.}}$		$\frac{2,18}{1,73} = 1,26$
2.	Розмір партії деталей, шт.	$\frac{N}{A}$	$\frac{2000}{12} \approx 166$	$\frac{2000}{12} = 166$
3.	Річний об'єм продукції	$\frac{F_{дрм} \cdot \eta \cdot 60}{t_{ум} + \frac{t_{нз}}{n}}$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{2,31 + \frac{20}{166}} = 87870$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{1,83 + \frac{32}{166}} = 110918$
4.	Кількість найменування деталей, які обробляються на РК на протязі року.	$\frac{F_{дрм} \cdot \eta \cdot 60}{p \cdot t_{ум} + t_{нз} \cdot A}$	-	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{2000 \cdot 1,14 + 0,06 \cdot 12} = 40$
5.	Річний час налагоджування обладнання, год.	$\frac{t_{нз} \cdot B_2}{60 \cdot m}$	$\frac{26 \cdot 87870}{60 \cdot 166} = 230$	$\frac{26 \cdot 110918}{60 \cdot 166} = 400$
6.	Річний час роботи обладнання, год.	$\frac{t_{ум} \cdot B_2}{60}$	$\frac{2,33 \cdot 87870}{60} = 3412$	$\frac{1,14 \cdot 110918}{60} = 4520$
7.	Розрахункова кількість потрібного обладнання	$\frac{T_{ум} + T_H}{F_{дрм}}$	$\frac{3412 + 230}{3980} = 0,975$	$\frac{2107 + 400}{3980} = 0,63$
8.	Прийнята кількість обладнання		1	1

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
9.	Прийнята кількість операторів, чол.	$\frac{T_{ум}}{F_{\partial p} \cdot \alpha_{ст}}$	2	-
10.	Кількість налагоджувачів, чол.	$\frac{T_{пол}}{F_{\partial p}}$	$\frac{230}{1840} = 0,12$	$\frac{400}{1840} = 0,22$
11.	Загальна чисельність робітників, чол.		2,12	1,22
12.	Чисельність вивільнених робітників, чол.			2,12-1,22=0,9
13.	Коефіцієнт росту продуктивності РК	$\frac{t_{ум.}^{баз.}}{t_{ум.}^{np}}$		$\frac{2,18}{1,73} = 1,26$
14.	Розмір партії деталей, шт.	$\frac{N}{A}$	$\frac{2000}{12} \approx 166$	$\frac{2000}{12} = 166$
15.	Річний об'єм продукції	$\frac{F_{\partial pm} \cdot \eta \cdot 60}{t_{ум} + \frac{t_{пз}}{n}}$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{2,31 + \frac{20}{166}} = 87870$	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{1,83 + \frac{32}{166}} = 110918$
16.	Кількість найменування деталей, які обробляються на РК на протязі року.	$\frac{F_{\partial pm} \cdot \eta \cdot 60}{p \cdot t_{ум} + t_{пз} \cdot A}$	-	$\frac{3980 \cdot 0,85 \cdot 60}{2000 \cdot 1,14 + 0,06 \cdot 12} = 40$

МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
17.	Річний час налагоджування обладнання, год.	$\frac{t_{nz} \cdot B_2}{60 \cdot m}$	$\frac{26 \cdot 87870}{60 \cdot 166} = 230$	$\frac{26 \cdot 110918}{60 \cdot 166} = 400$
18.	Річний час роботи обладнання, год.	$\frac{t_{um} \cdot B_2}{60}$	$\frac{2,33 \cdot 87870}{60} = 3412$	$\frac{1,14 \cdot 110918}{60} = 4520$
19.	Розрахункова кількість потрібного обладнання	$\frac{T_{um} + T_H}{F_{дрм}}$	$\frac{3412 + 230}{3980} = 0,975$	$\frac{2107 + 400}{3980} = 0,63$
20.	Прийнята кількість обладнання		1	1
21.	Прийнята кількість операторів, чол.	$\frac{T_{um}}{F_{др} \cdot \alpha_{cm}}$	2	-
22.	Кількість налагоджувачів, чол.	$\frac{T_{пол}}{F_{др}}$	$\frac{230}{1840} = 0,12$	$\frac{400}{1840} = 0,22$
23.	Загальна чисельність робітників, чол.		2,12	1,22
24.	Чисельність вивільнених робітників, чол.			2,12-1,22=0,9

5.2. Розрахунок капіталовкладень

Величина капіталовкладення:

$$K = C + K'$$

де C – ціна обладнання;

K_1 – супутні капіталовкладення;

$$K' = K_m + K_{\text{буд}} + K_{\text{сл}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{пу}} + K_{\text{тех}}$$

K_m – доставка та монтаж обладнання;

$K_{\text{буд}}$ - вартість приміщення, яке займає обладнання;

$K_{\text{сл}}$ – вартість службово - побутових приміщень;

$K_{\text{пр}}$ – пристосування;

$K_{\text{пу}}$ – програмне управління;

$K_{\text{тр.м}}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на транспорт та монтаж (1,13%)

Витрати на транспортування і монтаж:

$$K_m^{\text{баз}} = 8000000 \cdot 0,0113 = 9040 \text{ грн.}$$

$$K_m^{\text{пр}} = 12000000 \cdot 0,0113 = 13560 \text{ тис.грн.}$$

Витрати на будівництво:

$$K_{\text{буд}} = S \cdot h \cdot C \cdot q$$

де S - площа, яку займає обладнання;

h - висота приміщення;

C - ціна 1 м^2 будівлі;

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

q – кількість одиниць обладнання.

$$K_{\text{буд}}^{\text{баз}} = 5,7 \cdot 3 \cdot 1650 \cdot 1 = 28215 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{буд}}^{\text{нр}} = 5,7 \cdot 3 \cdot 1650 \cdot 1 = 28215 \text{ грн.}$$

Витрати на службово-побутові приміщення:

$$K_{\text{сл}} = S' \cdot h \cdot \text{Ц}$$

$$K_{\text{сл}}^{\text{баз}} = 7 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 1250 = 65625 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{сл}}^{\text{нр}} = 7 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 1250 = 13125 \text{ грн.}$$

Витрати на технологічні пристрої:

$$K_{\text{пр}} = 0,07 \cdot \text{Ц}$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 0,07 \cdot 15000 = 1050 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{нр}} = 0,07 \cdot 15000 = 1050 \text{ грн.}$$

Витрати на програмне керування:

$$K_{\text{ПУ}}^{\text{баз}} = 0,25 \cdot 4000 = 1000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{ПУ}}^{\text{нр}} = 0,25 \cdot 5000 = 1250 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні вкладення:

$$K^{\text{баз}} = 8000000 + 9040 + 28215 + 65625 + 1050 + 1000 = 914380 \text{ грн.}$$

$$K^{\text{нр}} = 12000000 + 13560 + 28215 + 13125 + 1050 + 1250 = 1266650 \text{ грн.}$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5.3. Собівартість річного випуску деталей

$$C=A+I$$

де A – амортизаційні відрахування на повне відтворення обладнання;

I – річні експлуатаційні витрати споживача.

$$A = \frac{C \cdot H_p}{100}$$

H_p – річна норма амортизації обладнання

$$A^{баз} = \frac{800000 \cdot 15}{100} = 120000 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = \frac{1200000 \cdot 15}{100} = 180000 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$I = I_3 + I_{пл} + I_{сл} + I_p + I_T + I_c$$

де I_3 – витрати на заробітну плату;

$I_{пл}$ – витрати на утримання виробничого приміщення;

$I_{сл}$ – утримання службового приміщення;

I_p – витрати на ремонт;

I_T – витрати на технічне обслуговування і ремонт пристрою ЧПУ.

I_c – витрати на енергію силову.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Річні витрати на заробітну плату:

$$I_z = (\ell_{\text{верст}}^{\text{верст}} \cdot F_{\text{др}} \cdot R_{\text{верст}} + \ell_{\text{зоді}} \cdot F_{\text{др}} \cdot R) \cdot K_{\text{зн}}$$

$$I_z^{\text{баз}} = (66 \cdot 1840 \cdot 2,13) \cdot 1,15 = 297746 \text{ грн.}$$

$$I_z^{\text{нр}} = 66 \cdot 1840 \cdot 0,34 \cdot 1,15 = 47483 \text{ грн.}$$

Річні витрати на утримання приміщень

$$I_{\text{пл}} = S \cdot K_f \cdot q \cdot H_{\text{пл}}$$

$H_{\text{пл}}$ – річні витрати на утримання 1 м² площі:

Виробничі:

$$I_{\text{пл}}^{\text{баз}} = 5,7 \cdot 2,12 \cdot 84 = 1015 \text{ грн.}$$

$$I_{\text{пл}}^{\text{нр}} = 5,7 \cdot 1,22 \cdot 84 = 584 \text{ грн.}$$

Службові:

$$I_{\text{сл}} = 7 \cdot 2,13 \cdot 84 = 1252 \text{ грн.}$$

$$I_{\text{сл}} = 7 \cdot 0,68 \cdot 84 = 399 \text{ грн.}$$

Річні витрати на ремонт обладнання :

$$I_p = W \cdot R \cdot 1,3 \cdot q$$

$$I_p^{\text{баз}} = 426 \cdot 11 \cdot 2,12 = 9934 \text{ грн.}$$

$$I_p^{\text{нр}} = 426 \cdot 11 \cdot 1,22 = 5316 \text{ грн.}$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Річні витрати на обслуговування і ремонт пристроїв ЧПУ.

$$I_m^{баз} = H_y \cdot q$$

де H_y – річна норма витрат на обслуговування і ремонт пристроїв ЧПУ.

$$I_m^{баз} = 810 \cdot 2,12 = 1717 \text{ грн.}$$

$$I_m^{np} = 810 \cdot 1,22 = 988 \text{ грн.}$$

Витрати на силову електроенергію:

$$I_c = \frac{N \cdot \eta_m \cdot \eta_{одн} \cdot F_{дрм}}{\eta} \cdot C_e$$

де N – потужність двигунів;

η_m , $\eta_{одн}$ – коефіцієнти, які враховують витрати потужності та одночасної роботи двигунів;

η – КПД електродвигунів;

C_e – ціна електроенергії

$$I_c^{баз} = \frac{11 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 3680}{0,92} \cdot 2,6 = 48048 \text{ грн.}$$

$$I_c^{np} = \frac{12 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 3680}{0,92} \cdot 2,6 = 52416 \text{ грн.}$$

Загальна сума собівартості:

$$I^{баз} = 297746 + 1015 + 1252 + 9934 + 1717 + 48048 = 359712 \text{ грн.}$$

$$I^{np} = 47483 + 584 + 399 + 5316 + 988 + 52416 = 107186 \text{ грн.}$$

$$C^{баз} = 359712 + 120000 = 479712 \text{ грн.}$$

$$C^{np} = 107186 + 180000 = 287186 \text{ грн.}$$

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Економічний ефект

$$E = 400000 \cdot \frac{110918}{87870} + \frac{(199231 - 127078) - 0.16 \cdot (629417 - 422546)}{0.15 + 0.16} - 600000 = 29774 \text{ грн.}$$

Висновок: модернізація робота та його використання в розроблюваному проекті дасть річний економічний ефект 29774 грн., а тому є доцільним при створенні роботизованої ділянки.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Висновки

Досліджені особливості будови та роботи типових механізмів конструкцій промислових роботів зі спрощеними системами управління можна зробити висновки:

– такі конструкції роботів більш прості за виконанням, мають менші функціональні можливості але й меншу вартість, що більш сприятливо для отримання економічного ефекту від використання їх у виробництві.

– розглянуті приклади таких типових конструкцій механізмів приводів роботів мають менші експлуатаційні можливості так як забезпечують регульовану зупинку руки робота в двох крайніх точках і тільки в окремих випадках ще додаткову проміжну – третю точку, що значно зменшує можливості робота по його якісному використанню у виробництві та зменшують можливість переміщувати більш важкі деталі.

В технологічній частині спроектовано технологічний роцес виготовлення деталі привідний вал ПВ10.01. Деталь відноситься до широкорозповсюдженого технологічного класу деталей “тіл обертання”. Вона має досить відповідну до функціонального призначення конструктивну форму, що дозволяє застосовувати сучасні технологічні методи обробки деталі, які підвищують коефіцієнт використання матеріалу та продуктивність процесу обробки, має зручні технологічні бази, а також вільний доступ різального і вимірювального інструментів до всіх оброблювальних поверхонь

Для автоматизації завантаження та розвантаження технологічного обладнання та виконання інших операцій, виконана модернізація конструкції промислового робота (за базу взято однорукий, однозахватний робот – Бріг-10) з використанням комбінованого привода, що дозволяє розширити його функціональні можливості по роботі з деталями більшої ваги за 10 кг., які можуть обслуговуватись роботами з пневматичним приводом. Для цього використано комбінований гідро-пневматичний робот в якому більш навантажені приводи руки

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

мають гідравлічний привод, а менш навантажені — захват, кисть та ін. — з пневматичним приводом.

Терміни окупності роботів залежать від продуктивності обладнання. Навіть незначне зменшення продуктивності обладнання спричиняє різке збільшення термінів окупності, особливо дороговартісних конструкцій, а тим більше для роботів зі значними поточними витратами.

В цілому для підвищення економічної ефективності від використання промислових роботів необхідно забезпечувати: визначення оптимальної складності та вартості їх конструкції відповідно до цільового призначення; збільшення змінності та ступеня завантаження роботів і обслугованого ними обладнання по часу; забезпечення підвищення продуктивності обладнання від використання роботів.

Модернізація робота та його використання в розроблюваному проекті дасть річний економічний ефект 29774 грн., а тому є доцільним при створенні роботизованої ділянки.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Література

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М. Машиностроение, 1964. -650с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1967. – 688с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975.
4. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 803 с.
5. Белянин Н.Н. Промышленные роботы и их применение. – М.: Машиностроение, 1983. – 307с.
6. Бурдаков С.Ф. и др. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. – М.: Высшая школа, 1986.- 260с.
7. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятности и ее инженерное приложение. – М.: Наука, 1988. – 386 с.
8. Волчкевич Л.И., Ковалев М.П., Кузнецов М.М. Комплексная автоматизация производства. – М.: Машиностроение, 1983. – 437 с.
9. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие роботехнические системы. – К.: Вища школа, 1989.- 407с.
10. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск.: Высшая школа, 1975. – 188 с.

					МР.ПМ.21.11.03.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		