

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

**Розробка технології обробки корпусу
гідропідсилювача з дослідженням продуктивності
використовуваних роботизованих комплексів**

**Development of the processing technology of the hydraulic
amplifier housing with the study of the productivity of the used
robotic complexes**

Виконавець: ст. гр. ПМ(ТМ)-21МЗ

_____ Олександра СТРЕЛЬЦОВА

Керівник: к.т.н., доцент

_____ Віталій МАЖАРА

Рецензент: к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

Завідувач кафедри ММР

_____ Андрій ГРЕЧКА

АНОТАЦІЯ

на випускню кваліфікаційну роботу здобувача гр. ПМ(ТМ)-21МЗ

Стрельцової Олександри Олександрівни

Кваліфікаційна робота на тему: “Розробка технології обробки корпусу гідропідсилювача з дослідженням продуктивності використовуваних роботизованих комплексів” містить 87 сторінок, 10 листів графічного матеріалу та комплект технологічної документації в додатках.

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

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

Дослідна частина присвячена дослідженням продуктивності використовуваних роботизованих комплексів. Виконано порівняльний аналіз продуктивності РТК з різним виконанням промислових робіт, досліджено вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, виконана загальна оцінка продуктивності РТК в залежності від часу роботи верстату та промислового робота.

ANNOTATION

for graduation qualification work of the applicant PM-21MZ

Oleksandra Oleksandrivna Streltsova

The qualification work on the topic: "Development of the processing technology of the hydraulic booster housing with the study of the productivity of the used robotic complexes" contains 87 pages, 10 sheets of graphic material and a set of technological documentation in the appendices.

In the work, the analysis of the technological process of mechanical processing of the hydraulic distributor housing operating at the base enterprise was performed, its shortcomings were identified and recommendations for modernization were developed.

The analysis of the accuracy and manufacturability of the part was carried out, the justification of the methods of manufacturing the workpiece was carried out, and the development of the structure, content and control programs was carried out in operations where CNC machines are used. All technical and technological decisions made in the work are confirmed by the necessary calculations, calculations of allowances, cutting modes, and technically justified time norms are given. Clamping and control devices are developed and calculated.

The experimental clearing is dedicated to researching the productivity of the used robotic complexes. A comparative analysis of RTC performance with different performance of industrial robots was performed, the influence of the dimensions of the processed parts and schemes of two- grip devices on the additional idle time of the machine tool was investigated, and a general assessment of RTC productivity depending on the working time of the machine tool and industrial robot was performed.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Загальна частина	
1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів	8
1.2 Характеристика виробничої програми	10
1.3 Визначення типу виробництва	11
2 Технологічна частина	
2.1 Аналіз точності та технологічності деталі	12
2.2 Аналіз діючих технологічних процесів	15
2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання	16
2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей	17
2.5 Розробка маршрутів виготовлення деталей	20
2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій	21
2.7 Вибір затискних пристроїв	28
2.8 Вибір ріжучих інструментів	29
2.9 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів	32
2.10 Визначення припусків та операційних розмірів деталей	34
2.11 Розрахунок режимів різання	39
2.12 Технічне нормування операцій	41
3 Конструкторська частина	
3.1 Розробка конструкції затискного пристрою	43
3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою	48
4 Дослідна частина	
4.1 Вступ	50
4.2 Аналіз існуючих конструкцій промислових роботів у складі роботизованих комплексів	51
4.3 Дослідження продуктивності роботи РТК в залежності від виконання промислового робота	55
4.4 Дослідження впливу часу переміщення ріжучого інструменту на продуктивність РТК	65

4.5 Дослідження залежності продуктивності РТК від часу роботи технологічного обладнання та промислового робота	68
4.6 Висновки	70
5 Економічна частина	
5.1 Аналіз варіантів технологічного процесу	71
5.2 Розрахунок планової цехової собівартості	81
5.3 Планування підсумкових техніко-економічних показників	83
Висновки	85
Література	86
Додатки	

ВСТУП

Модернізація дає можливість підприємству за короткий термін переоснастити своє виробництво високопродуктивним спеціальним обладнанням, використовуючи при цьому наявне, несучи при цьому порівняно невеликі економічні витрати та скорочуючи час освоєння випуску нової продукції.

Саме в таких умовах у нинішній час знаходиться і НВП «Радій» яке, освоюючи нові ринки збуту своєї продукції, зіткнулося з проблемою необхідності її видозміни, зняттям з виробництва виробів, що не користуються нині попитом, і заміною їх новими виробами, а у зв'язку з цим і з проблемою ефективного використання великої кількості металообробного обладнання, пристосуванням його для виробництва нової продукції. Тому модернізація наявного обладнання, створення на базі виведених із експлуатації верстатів нових, з новими, потрібними виробництву технологічними можливостями є надзвичайно актуальною технічною проблемою.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів

Кулькогвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 720, призначений для застосування в системах рульового управління транспортних засобів з навантаженням на керовану вісь до 9000 кг як пристрій, що передає і підсилює дію водія, що управляє, необхідну для повороту керованих коліс. Керування здійснюється за рахунок механічних передач з гідропідсиленням.



Рисунок 1.1 – Кулькогвинтовий гідропідсилювач ШВГУ 720

Технічні характеристики гідропідсилювача ШВГУ 720:

Номінальний момент на валу сошки, Нм	7200
Передавальне відношення	23,2
Момент обертання рульового валу при номінальному тиску, Нм	45
Витрата робочої рідини, дм ³ /хв.	16,2
Число обертів рульового валу	6,46
Кут повороту валу сошки	100
Номінальний тиск робочій рідині, Мпа	17
Маса, кг	52

КГГП – відноситься до механізмів подвійної дії. Це обумовлено тим, що переміщення вихідної ланки, якою є вал сектор 3 здійснюється двома паралельними потоками:

- механічними передачами, кулько–гвинтовою і рейковою;
- гідравлічною передачею, переміщенням рейки поршня 2 в картері 1 за рахунок гідравлічного тиску в порожнинах 13 і 14.

При роботі в штатному режимі навантаження вала сектора 3 долається гідравлічним тиском, а механічні передачі здійснюють лише відслідкувати дію.

При роботі в нештатному режимі, в разі відмови гідравліки, працюють механічні передачі для подолання навантаження на валу – секторі.

При повертанні внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11 на кут обмеженим муфтою 9, в будь яку із сторін, робоча рідина із магістралі напору 7 проходить через відповідні канали обумовлених золотників і заповнює одну із порожнин 13 або 14.

При цьому за рахунок гідравлічного тиску здійснюється прямолінійне переміщення рейки поршень 2 в картері 1, і поворот вал – сектора 3 внаслідок взаємодії його зубців із зубцями рейки поршня. Робоча рідина із опозитної порожнини буде витіснятися в зливну магістраль 5.

Переміщення рейки поршня 2 супроводжується синхронним обертанням гвинта 4 кулько–гвинтової передачі 4, 15 внаслідок того, що зовнішній золотник 11 з гвинтом 4 утворює єдину ланку.

Обумовлене переміщення буде здійснюватись до моменту припинення повертання внутрішнього золотника 12. При цьому зовнішній золотник 11 під дією пружних елементів 10 повернеться в нейтральне положення, в якому відповідні канали розподільника з'єднують магістралі зливу і напору, і тиск в порожнинах 13 і 14 вирівнюється до значень тиску холостого ходу.

Запобіжний клапан 6 спрацьовує при перевищенні тиску в напорній магістралі 7 внаслідок дії несанкціонованих навантажень на вал – сектора 3.

Точність управління КГГП обумовлена величиною часу між керуючим рухом внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11, який є вхідною ланкою і виконавчим коловим рухом вала – сектора 3, який є вихідною ланкою.

Величина часу повернення золотників 11 та 12 у вихідне положення залежить від швидкості переміщення внутрішнього золотника 12 відносно зовнішнього 11.

Ця швидкість залежить від двох факторів:

- з одного боку це величина вільного руху золотника 12 відносно золотника 11 в межах, які дозволяє муфта 9;
- з іншого боку це жорсткість пружного елемента 10 від якої залежить швидкість зворотнього руху в нейтральне положення.

Чим більша величина обумовленого часу тим довше буде відбуватись дія попередньої команди, що зменшує точність керування, бо вихідна ланка буде продовжувати рух, який був переданий їй попередньою командою

Підвищення точності керування можливо за рахунок підвищення жорсткості пружного елемента 10 і зменшення кута муфти 9.

При відмові гідравліки робота КГГП відбувається в нештатному режимі.

При повертанні внутрішнього золотника 12 на кут обмежений муфтою 9 починає обертатись зовнішній золотник 11 з гвинтом 4, внаслідок чого рейка – поршень 2 переміщується обертаючи вал – сектор 3.

При переміщенні рейки поршень 2 в одній із порожнин 13 або 14, яка збільшується в своєму об'ємі, виникає від'ємний тиск.

Обумовлений від'ємний тиск провокує спрацювання зворотнього клапана 8 при цьому рідина із опозитної порожнини, яка зменшується, витісняється в збільшуючу порожнину.

1.2 Характеристика виробничої програми

Проектований цех механічної обробки призначений для обробки деталей кулькогвинтових гідропідсилювачів. Річна програма їх випуску $N_v=3000$ штук. Оскільки до складу гідропідсилювача входить один корпус розподільника то $N_k = 3000$ шт.

Характеристика виробничої програми проектного цеха приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Подетальна річна програма механічного цеху

Назва виробу	Маса одного виробу	Річна програма випуску	
		штук	тон
Гідропідсилювач Корпус	52	3000	156
	4,38	3000	13,14

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва проектного цеха у відповідності з ГОСТ3.110-74 визначається по коефіцієнту закріплення операції K_{30} . Його розраховуємо за допомогою комп'ютерної програми, що значно скорочує об'єм і час розрахунку. Результати визначення типу виробництва приведені нижче.

корпус гідророзподільвача

Вихідні дані

програма випуску 3000

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	3854	6.8850
10	3854	1.2580
15	3854	6.8620
20	3854	7.5100

Результати розрахунку

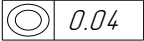
Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.1117	1	7.17
10	0.0204	1	39.21
15	0.1113	1	7.19
20	0.1218	1	6.57

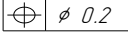
коефіцієнт закріплення операцій 15.0342

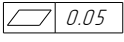
тип виробництва – середньосерійний

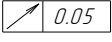
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності та технологічності деталі

Корпус розподільника виготовляється з високоміцного чавуну ВЧ 500-7 за ДСТУ 3925-99. Підвищені вимоги, щодо точності і якості поверхонь в даній деталі пред'являються до найбільш відповідних по службовому призначенню поверхонь – зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 120_{-0,035}$ та внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35^{+0,039}$. Ці поверхні визначають положення деталі у вузлі. До цих поверхонь також висунуто вимогу співвісності  0,04, у відповідності до якої зазначене відхилення не повинно перевищувати 0,04 мм.

Вимоги щодо позиційного допуску  $\varnothing 0,2$ пред'явлено до шести отворів $\varnothing 19$ мм, два з яких базові, відносно зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 120h7$. Вказаний допуск не має перевищувати 0,2 мм.

До торцевої поверхні висунуто вимогу щодо площинності  0,05.

Також відповідальними поверхнями є канавки 4 та 7 (рис. 2.1) до яких висунуто вимогу щодо радіального биття в межах 0,05 мм .

На інші поверхні вимог немає. Допуски на всі інші поверхні не перевищують 11 – 12 квалітетів точності.

Маточина немає важкодоступних ділянок для механічної обробки та має достатню жорсткість, що дозволяє вести механічну обробку високопродуктивними методами.

З точки зору механічної обробки нетехнологічними є нахилі отвори. Але їх наявність обумовлена службовим призначенням деталі і використання при їх обробці нахилено-поворотного столу знімає питання ускладнень. В цілому деталь є технологічною.

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

Вимоги до взаємного розміщення поверхонь знаходяться в межах

встановлених квалітетами.

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

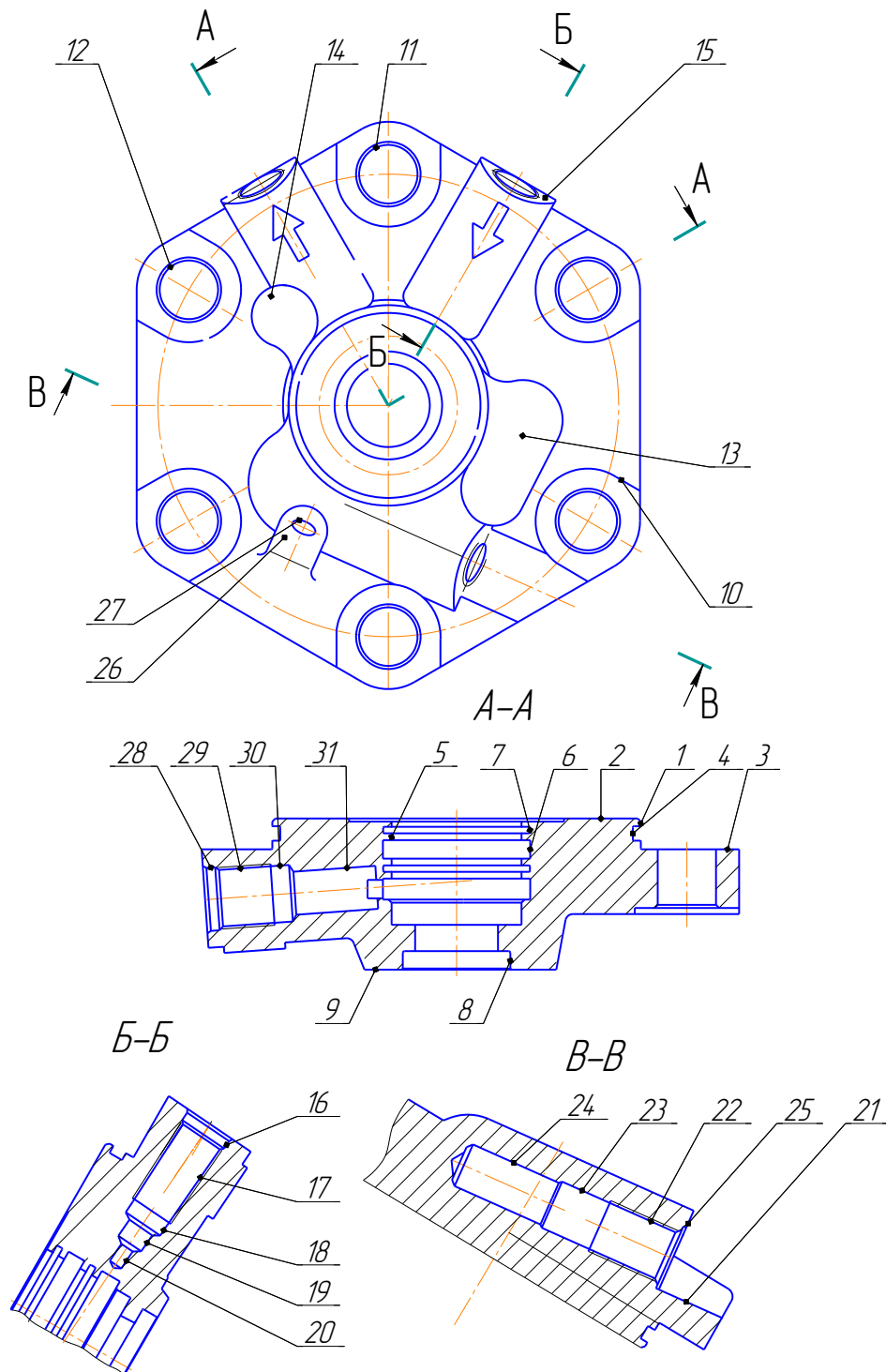


Рисунок 2.1 – Поверхні, що обробляються в деталі корпус розподільника

Таблиця 2.1 – Параметри точності деталі корпус розподільника

№	Найменування поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет	Точність відносних поворотів	Точність форми	R _a
1	2	3	4	5	6	7
1	ЗЦП*	Ø120 _{-0,035}	h7	-	-	2,5
2	Торець	10 ^{+0,25}	H13	-	-	3,2
3	Торець	23 _{-0,4}	-	 0,05	-	3,2
4	Канавка	Ø114,8 _{-0,087} 4,7 ^{+0,18}	h9 H14	-	 0,06 T	2,5
5	ВЦП*	Ø42,3 ^{+0,1}	H10		 0,05 T	2,5
6	Канавка	Ø48 ^{+0,6} 6,8 _{-0,25}	H12 -	-	-	6,3
7	Канавка	Ø47,8 ^{+0,1} 2,1 ^{+0,1}	H10 H13	-	 0,06 Г	2,5
8	ВЦП*	Ø35 ^{+0,039}	H8	-	 0,04 T	2,5
9	Торець	39 _{-0,2}	-	-	-	3,2
10	Площина	19 _{-0,4}	-	-	 0,1 Б	6,3
11	Отвір	Ø19 ^{+0,021}	H7	-	-	2,5
12	Отвір	Ø19 ^{+0,3}	H13	-	 Ø 0,2	6,3
13	Площина	33 ^{+0,5}	-	-	-	6,3
14	Площина	33 ^{+0,5}	-	-	-	6,3
15	Площина	83 ^{+0,8}	-	-	-	6,3
16	Отвір	Ø16,5 ^{+0,11}	H11	-	-	6,3
17	Отвір з різзю	M16x1,5	8H	-	-	3.2
18	Отвір	Ø14 ^{+0,3}	H13	-	-	6,3
19	Отвір	Ø14 ^{+0,36}	H14	-	-	6,3
20	Отвір	Ø4.5 ^{+0,3}	H15	-	-	6,3
21	Уступ	20 ^{+0,13}	h11	-	-	6.3
22	Отвір з різзю	M18x1,5	7H	-	-	3.2
23	Отвір	Ø16,43 ^{+0,3}	H13	-	-	6,3
24	Отвір	Ø16 ^{+0,027}	H8	-	-	2,5

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
25	Торець	60±0,37	js14	-	-	6,3
26	Площина	35 ^{+0,5}	-	-	-	6,3
27	Отвір	Ø6,95 ^{+0,048}	H10	-	-	3,2
28	Отвір	Ø21,8 ^{+0,13}	H11	-	-	6,3
29	Отвір з різью	M20x1,5	7H	-	-	3.2
30	Отвір	Ø18,4 ^{+0,3}	H14	-	-	6,3
31	Отвір	Ø14 ^{+0,4}	-	-	-	6,3

ВЦП* - внутрішня циліндрична поверхня;

ЗЦП* - зовнішня циліндрична поверхня;

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів

Технологічний процес механічної обробки виготовлення корпусу розподільника складається з восьми основних операцій.

Позитивною ознакою даного технологічного процесу є те, що порядок розміщення операцій та обладнання дозволяє отримати відповідну точність та якість поверхонь.

В технологічному процесі поруч з верстатами з ЧПК застосовується і універсальне обладнання. Це призводить до того, що технологічний процес має різну ступінь гнучкості та продуктивності різних операціях. При обробці корпусу розподільника використано токарно-гвинторізний верстат (16K20), два токарні верстати з ЧПК (Hyundai E 200) та п'ять фрезерних верстати з ЧПК (6T13Ф3).

Дані по базовому технологічному процесу наведено в таблиці 2.2.

Заготовкою для деталі корпус розподільника слугує відливка, що зменшує припуски і відповідає даному типу виробництва.

Вибір чорнових та чистових баз виконано вірно. Додержуються принципи єдності і постійності баз. В якості технологічної бази на більшості операцій використано торець та вісь деталі.

Таблиця 2.2 – Базовий технологічний процес обробки корпус розподільника

№ операції	Найменування операції	Модель обладнання	T _{шт} , хв
005	Токарно-гвинторізна	16K20	1,656
010	Токарна з ЧПК	Hyundai E 200	5,483
015	Токарна з ЧПК	Hyundai E 200	1,258
020	Фрезерна з ЧПК	6T13Ф3	6,862
025	Фрезерна з ЧПК	6T13Ф3	1,998
030	Фрезерна з ЧПК	6T13Ф3	1,928
035	Фрезерна з ЧПК	6T13Ф3	1,559
040	Фрезерна з ЧПК	6T13Ф3	3,026

При проектуванні нового технологічного процесу, планується об'єднати першу і другу операції, оскільки вважаємо не раціональним вести чорнову і чистову обробку зовнішньої циліндричної поверхні на різних верстатах.

Також пропонуємо об'єднати чотири останні операції в одну, і вести обробку на вертикальному обробному центрі VF-3DHE з використанням нахилено-поворотного столу TR210 фірми HAAS, що забезпечить обробку деталі з усіх сторін.

2.3 Вибір заготовок та методів їх отримання

Корпус розподільника виготовляється з високоміцного чавуна ВЧ 500-7 за ДСТУ 3925-99 вибір якого обумовлений умовами експлуатації та службовим призначенням. Виходячи з матеріалу деталі та досвіду провідних підприємств обираємо для отримання виливка метод лиття у піщану форму.

Даний метод отримання заготовки відповідає даному типу виробництва, конфігурації деталі та її матеріалу. Креслення заготовки корпусу розподільника винесено у графічній частині кваліфікаційної роботи. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведено в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад речовини , %				
	C	Cr	Mn	Si	P
Чавун ВЧ500-7	0,3-3,8	до 0,15	0,2-0,6	1.2-1.9	до 0,1

Таблиця 2.4 – Механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Механічні властивості		
	σ_B , МПа	δ , %	HB
Чавун ВЧ500-7	500	7	140-220

2.4 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталей

В якості прикладу наведемо вибір маршруту обробки однієї з найбільш точних поверхонь деталі – зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 120h7_{(-0.035)}$.

Розраховуємо загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\delta_z}{\delta_o} = \frac{0,8}{0,035} = 22.84.$$

де δ_z ; δ_o - відносно допуск на розмір заготовки та деталі по заданій поверхні.

- обробка за 2 переходи:

1. Точіння чорнове.
2. Точіння чистове.

- обробка за 3 переходи:

1. Точіння чорнове.
2. Точіння напівчистове.
3. Точіння чистове..

По кожному проміжному методу обробки із таблиць економічної точності вибираємо допуски на обробку і розраховуємо частинні уточнення по першому маршруту:

- точіння чорнове: $\varepsilon_1 = \frac{0,8}{0.14} = 5.71;$

- точіння чистове: $\varepsilon_2 = \frac{0,14}{0,035} = 4;$

Частинне уточнення для другого маршруту обробки:

- точіння чорнове: $\varepsilon_1 = \frac{0,8}{0,22} = 3,64;$

- точіння напівчистове: $\varepsilon_2 = \frac{0,22}{0,074} = 2,97;$

- точіння чистове: $\varepsilon_3 = \frac{0,087}{0,035} = 2,49;$

Достатність і економічну доцільність вибору маршруту обробки перевіряємо за умовою фактичного уточнення:

$$\varepsilon_{\text{заг}} \leq \varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \cdot \varepsilon_n;$$

1 маршрут: $\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 5,71 \cdot 4 = 22,84 = \varepsilon_{\text{заг}} = 22,84.$

2 маршрут: $\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 3,64 \cdot 2,97 \cdot 2,49 = 26,92 > \varepsilon_{\text{заг}} = 22,84.$

Таким чином більш прийнятним є маршрут по першому варіанту, оскільки він містить меншу кількість переходів і E_{ϕ}^1 більш наближено до E_3 .

Вибір маршрутів обробки інших поверхонь наведено в таблиці 2.5.

Номери поверхонь приведені на рисунку 2.1.

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь

№ пов	Допуск на поверхню δ_d , мм	Допуск на заготовку δ_3 , мм	Загальне уточнення, E_3	Шорсткість поверхні, мкм	Можливі варіанти маршрутів обробки		Допуск на методи обробки	Уточнення по кожному переходу
					№	Зміст маршруту		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,035	0,8	22,84	2,5	1	Точіння чорнове	0,14	5,71
						Точіння чистове	0,035	4,0
					2	Точіння чорнове	0,22	3,64
						Точіння напівчистове	0,087	2,97
						Точіння чистове	0,035	2,49

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,25	1,0	4,0	3,2	1	Точіння одноразове	0,25	4,0
3	0,4	1,0	2,5	3,2	1	Точіння одноразове	0,4	2,5
4	0,087	-	-	2,5	1	Точіння канавки	0,087	-
5	0,1	-	-	2,5	1	Свердління Розточування чорнове Розточування чистове	0,4 0,3 0,1	- 1,33 1
6	0,6	-	-	6,3	1	Точіння канавки	0,6	-
7	0,1	-	-	2,5	1	Точіння канавки	0,1	-
8	0,039	0,8	20,51	2,5	1	Розточування чорнове Розточування чистове	0,16 0,039	5,0 4,1
9	0,2	1,0	5,0	3,2	1	Точіння одноразове	0,2	5,0
10	0,4	1,0	2,5	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,4	2,5
11	0,021	-	-	2,5	1	Свердління Зенкерування Розверчування	0,3 0,13 0,021	- 2,31 6,19
12	0,3	-	-	6,3	1	Свердління	0,3	-
13	0,5	1,0	2,0	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,5	-
14	0,5	1,0	2,0	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,5	-
15	0,8	1,0	1,25	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,8	-
16	0,11	-	-	6,3	1	Свердління Зенкерування	0,3 0,11	- 2,73
17	0,1	-	-	3,2	1	Свердління Нарізання різі	0,3 0,1	- 3,0
18	0,3	-	-	6,3	1	Свердління	0,3	-
19	0,36	-	-	6,3	1	Свердління	0,36	-
20	0,3	-	-	6,3	1	Свердління	0,3	-
22	0,1	-	-	3,2	1	Свердління Нарізання різі	0,3 0,1	- 3,0
23	0,3	-	-	6,3	1	Свердління	0,3	-

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	0,027	-	-	2,5	1	Свердління Зенкерування Розверчування	0,4 0,1 0,027	- 4,0 3,7
25	0,74	1,0	1,35	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,74	1,35
26	0,5	1,0	2,0	6,3	1	Фрезерування одноразове	0,5	2,0
27	0,048	-	-	3,2	1	Свердління Розверчування	0,36 0,048	- 7,5
28	0,13	-	-	6,3	1	Свердління Зенкерування	0,3 0,13	- 2,31
29	0,1	-	-	3,2	1	Свердління Нарізання різі	0,3 0,1	- 3,0
30	0,3	-	-	6,3	1	Свердління	0,3	-
31	0,4	-	-	6,3	1	Свердління	0,4	-

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки корпусу розподільника:

005 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний обробний центр з ЧПК Hyundai E 200

Точити торець деталі, точити зовнішню поверхню начорно, точити зовнішню поверхню та торець начисто, точити канавку, свердлити отвір Ø27мм, розточити виточку та отвір попередньо, розточити отвір остаточно, Розточити дві канавки шириною 6 мм, розточити дві канавки шириною 2,1 мм.

010 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний обробний центр з ЧПК Hyundai E 200

Точити торець, розточити отвір начорно, розточити отвір начисто.

015 Фрезерна з ЧПК

Верстат – вертикально фрезерний з ЧПК 6T13Ф3

Фрезерувати шість поверхонь, свердлити два базових отвори, зенкерувати два базових отвори, розвернути два базових отвори, свердлити чотири отвори $\varnothing 19\text{мм}$, фрезерувати дві площини.

020 Комплексна з ЧПК

Верстат – вертикальний обробний центр HAAS VF-3DHE

Фрезерувати поверхню, свердлити отвір $\varnothing 14,4\text{мм}$, свердлити отвір $\varnothing 9\text{мм}$, свердлити отвір $\varnothing 4,5\text{мм}$, зенкерувати отвір $\varnothing 16,5\text{мм}$, нарізати різь M16x1,5, повернути поворотний стіл; фрезерувати поверхню; свердлити отвір $\varnothing 18,4\text{мм}$; свердлити отвір $\varnothing 14\text{мм}$; зенкерувати отвір $\varnothing 20,5\text{мм}$; нарізати різь M20x1,5; повернути поворотний стіл; фрезерувати поверхню; свердлити отвір $\varnothing 6,5\text{мм}$; розвернути отвір $\varnothing 6,95\text{мм}$; повернути поворотний стіл; фрезерувати уступ і радіусну поверхню; свердлити отвір $\varnothing 19,75\text{мм}$; свердлити отвір $\varnothing 16,43\text{мм}$; свердлити отвір $\varnothing 15\text{мм}$; зенкерувати отвір $\varnothing 15,75\text{мм}$; розвернути отвір $\varnothing 16\text{мм}$; нарізати різь M18x1,5.

2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Розробимо структуру та зміст операцій технологічного процесу для корпусу розподільника і занесемо дані до таблиці 2.6.

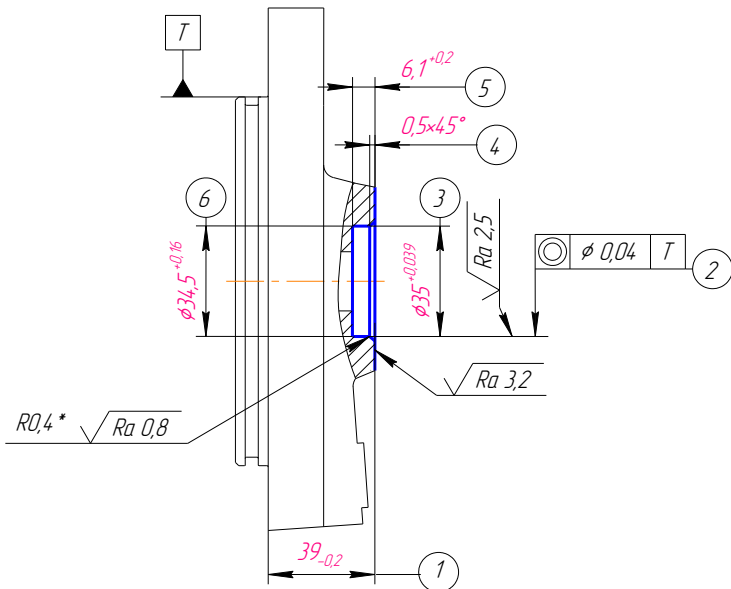
Таблиця 2.6 – Маршрут обробки корпусу

№ опер	Верстат	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПК	Токарний обробний центр з ЧПК Hyundai E 200		1. Встановити деталь. 2. Точити торець деталі. 3. Точити зовнішню поверхню начорно, витримавши розмір 2. 4. Точити зовнішню поверхню та торець начисто, витримавши розміри 3, 4, 5, 6 та вимогу 1.
			5. Точити канавку, витримавши розміри 7, 8, 9, 10, 11, 12. 6. Свердлити отвір, витримавши розмір 13.

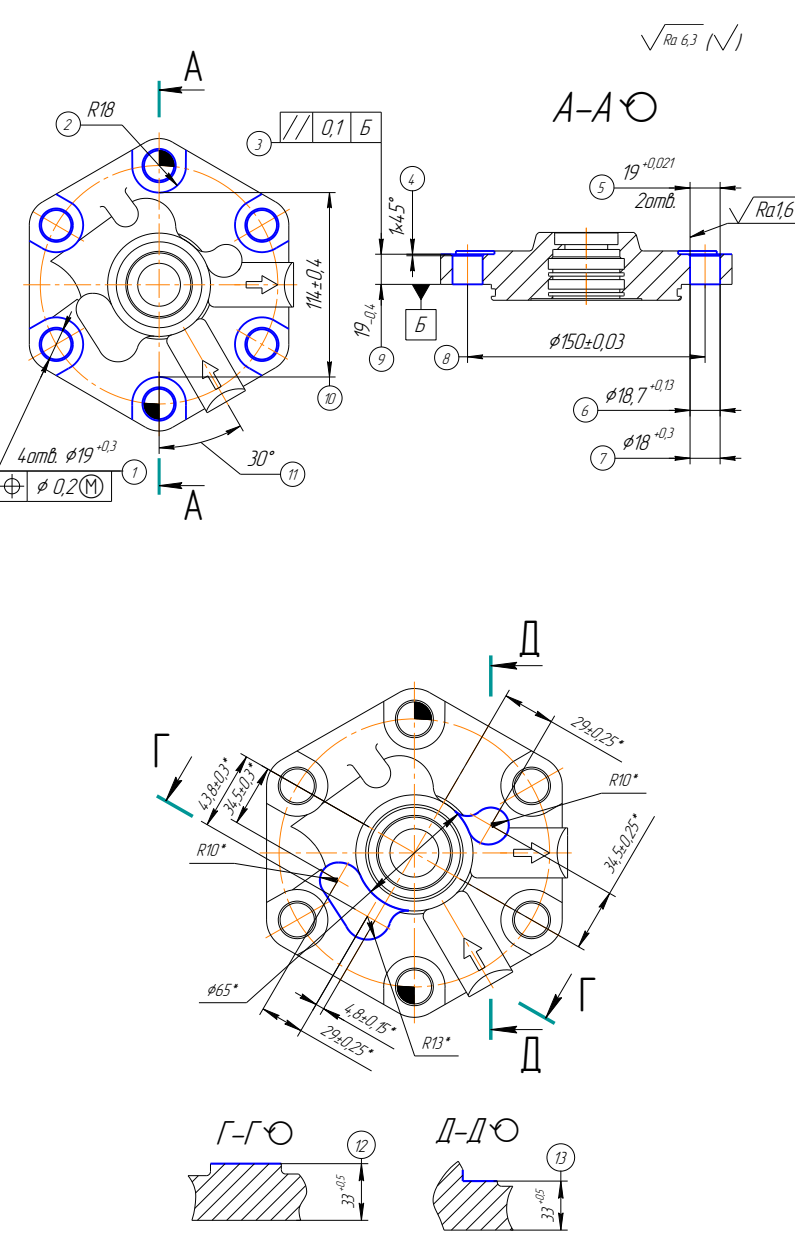
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
			7. Розточити виточку та отвір попередньо, витримавши розміри 14, 15, 16, 17. 8. Розточити отвір остаточно, витримавши розміри 18, 19, 20, 21, 34, 35.
			9. Розточити дві канавки, витримавши розміри 23, 24, 25, 26, 27, 36.
			10. Розточити дві канавки, витримавши розміри 28, 29, 30, 31, 32, 33. 11. Зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
010 Токарна з ЧПК	Токарний обробний центр з ЧПК Hyundai E 200	 The technical drawing shows a cross-section of a mechanical part. Key features include: Callout 1: Points to the right end of the part with a dimension of $39_{-0,2}^{+0,2}$. Callout 2: Points to a hole with a diameter of $\phi 0,04$ and a tolerance of T. Callout 3: Points to a hole with a diameter of $\phi 35_{-0,039}^{+0,039}$ and a surface roughness of $Ra 2,5$. Callout 4: Points to a hole with a diameter of $0,5 \times 45^\circ$ and a surface roughness of $Ra 3,2$. Callout 5: Points to a hole with a diameter of $6,1_{-0,2}^{+0,2}$. Callout 6: Points to a hole with a diameter of $\phi 34,5_{-0,16}^{+0,16}$ and a surface roughness of $Ra 0,8$. Callout 7: Points to a hole with a diameter of $\phi 35_{-0,039}^{+0,039}$ and a surface roughness of $Ra 3,2$. Callout 8: Points to a hole with a diameter of $\phi 34,5_{-0,16}^{+0,16}$ and a surface roughness of $Ra 0,8$. Callout 9: Points to a hole with a diameter of $\phi 35_{-0,039}^{+0,039}$ and a surface roughness of $Ra 3,2$. Callout 10: Points to a hole with a diameter of $\phi 34,5_{-0,16}^{+0,16}$ and a surface roughness of $Ra 0,8$.	1. Встановити деталь. 2. Точити торець, витримавши розмір 1. 3. Розточити отвір попередньо, витримавши розмір 6, 5. 4. Розточити отвір остаточно, витримавши розміри 2, 3, 4, 5. 5. Зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
015 Фрезерна з ЧПК	Вертикально фрезерний з ЧПК 6Т13Ф3		1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати шість поверхонь, витримавши розміри 2, 3, 9, 10. 3. Свердлити два базових отвори послідовно, витримавши розміри 7, 8. 4. Зенкерувати два базових отвори послідовно, витримавши розміри 6, 8. 5. Розвернути два базових отвори послідовно, витримавши розміри 5, 8. 6. Свердлити чотири отвори послідовно, витримавши розміри 1, 8. 7. Фрезерувати дві поверхні, витримавши розміри 12, 13. 8. Зняти деталь.

Продовження таблиці 2.6

020 Комплексна з ЧПК Обробний центр з ЧПК VF-3 фірми HAAS			1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати поверхню, витримавши розміри 17, 18. 3. Свердлити отвір, витримавши розміри 4, 12, 15. 4. Свердлити отвір, витримавши розміри 2, 3, 8. 5. Свердлити отвір, витримавши розміри 1, 7, 12. 6. Зенкерувати отвір, витримавши розміри 6, 9, 10, 11, 12, 13. 7. Нарізати різь, витримавши розміри 5, 14, 16. 8. Повернути поворотний стіл. 9. Фрезерувати поверхню, витримавши розміри 16. 10. Свердлити отвір, витримавши розміри 3, 10, 13. 11. Свердлити отвір, витримавши розміри 2, 10, 14, 15. 12. Зенкерувати отвір, витримавши розміри 4, 6, 7, 8, 10, 11. 13. Нарізати різь, витримавши розміри 5, 9, 10. 14. Повернути поворотний стіл.
--	--	--	---

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
			15. Фрезерувати поверхню, витримавши розміри 3, 4, 7, 8, 10. 16. Свердлити отвір, витримавши розміри 1, 3, 4, 6, 8, 9. 17. Розвернути отвір, витримавши розміри 2, 3, 4, 5, 8, 9 18. Повернути поворотний стіл. 19. Фрезерувати уступ і радіусну поверхню, витримавши розміри 9, 10, 17, 18, 19. 20. Свердлити отвір, витримавши розміри 5, 9, 13, 17, 18 21. Свердлити отвір, витримавши розміри 7, 9, 15, 17, 18 22. Свердлити отвір, витримавши розміри 1, 3, 9, 17, 18 23. Зенкерувати отвір, витримавши розміри 2, 3, 9, 16, 17, 18. 24. Розвернути отвір, витримавши розміри 4, 9, 11, 17, 18. 25. Нарізати різь, витримавши розміри 6, 9, 12, 14, 17, 18. 26. Зняти деталь.

2.7 Вибір затискних пристроїв

Тип та конструкція затискних пристроїв визначається на підставі прийнятої теоретичної схеми базування, конструктивної форми деталі та типу виробництва. Стисла технічна характеристика вибраних затискних пристроїв приведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Затискні пристрої для затиску деталі

№ операції	Найменування пристосування	Стандарт (код)	Вид приводу
005	Патрон трикулачковий самоцентруючий Vitagana 210	-	Гідравлічний
010	Патрон трикулачковий самоцентруючий Vitagana 210	-	Гідравлічний
015	Пристрій фрезерний	293225.027	Пневматичний
020	Пристрій фрезерний	спец.	Механічний

Для забезпечення можливості обробки деталі корпус розподільника з 4-5 сторін на 020 операції на обробному центрі VF-3DHE фірми HAAS встановлено додатковий поворотний стіл (рис. 2.2). Зазначений стіл є нахилено-поворотним [21].



Рисунок 2.2 – Нахилено-поворотний стіл TR210

Зазначені столи можуть встановлюватися як на вертикальних, так і на горизонтальних обробних центрах, розширюючи їх технологічні можливості [21].



Рисунок 2.3 – Приклад встановлення нахилено-поворотного столу на обробний центр VF-5 HAAS

2.8 Вибір ріжучого інструменту

Ріжучий інструмент на операціях обираємо з урахуванням обраного верстату, поверхні яка обробляється, методу та стадії обробки (чорнова, чистова) типу виробництва, ріжучих властивостей та стійкості інструменту. На операціях, де обробка ведеться на оброблюючих центрах HAAS та Hyundai частково використовуємо ріжучий інструмент фірми Korloy. Інформацію про обраний інструмент заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

№ опер	№ пер.	Назва інструменту	Стандарт (код)	Ріжуча частина	
				Матеріал	ГОСТ
1	2	3	4	5	6
005	2	Різець контурний: - державка - пластина	MULNR2525M15 WNMG06T304W	- IC 9015	- DIN/ISO513
	3	Різець контурний: - державка - пластина	G MULNR2525M15	- IC 9015	- DIN/ISO513
	4	Різець канавочний	WNMG06T304W	BK8	3882-74
	5	Свердло Ø27	G	P6M5	19265-73
	6	Різець розточний: - державка - пластина	2130-0005 2301-0094	- IC 9015	- DIN/ISO513
	7	Різець розточний: - державка - пластина	S20N-STFPR TPGT16040L	- IC 9015	- DIN/ISO513
	8	Різець канавочний: - державка - пластина	S20N-STFPR TPGT16040L	- IC 908	- DIN/ISO513
	9	Різець канавочний: - державка - пластина	S32R-GRIP GW500L S32R-GRIP 325R GW215L	- IC 908	- DIN/ISO513

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
010	2	Різець контурний: - державка - пластина	MULNR2525M15 WNMG06T304W	- IC 9015	- DIN/ISO513
	3	Різець розточний: - державка - пластина	G S20N-STFPR	- IC 9015	- DIN/ISO513
	4	Різець розточний: - державка - пластина	TPGT16040L S20N-STFPR TPGT16040L	- IC 9015	- DIN/ISO513
015	2	Фреза Ø36	2235-0227	BK8	3882-74
	3	Свердло Ø18	2301-0061	P6M5	19265-73
	4	Зенкер Ø18,7	2320-5703	BK8	3882-74
	5	Розвертка Ø19	2363-2096	BK8	3882-74
	6	Свердло Ø19	2301-0065	P6M5	19265-73
	7	Фреза Ø20	2223-0296	BK8	3882-74
020	2	Фреза Ø36	2235-0227	BK8	3882-74
	3	Свердло Ø14,4	2301-0048	P6M5	19265-73
	4	Свердло Ø9	2300-0203	P6M5	19265-73
	5	Свердло Ø4,5	2300-7561	P6M5	19265-73
	6	Зенкер Ø16,5	2301-2001	BK8	3882-74
	7	Мітчик M16x1,5	3266-81	P6M5	19265-73
	9	Фреза Ø36	2235-0227	BK8	3882-74
	10	Свердло Ø18,4	2301-0063	P6M5	19265-73
	11	Свердло Ø14	2301-0046	P6M5	19265-73
	12	Зенкер Ø20,5	2301-2008	BK8	3882-74
	13	Мітчик M20x1,5	3266-81	P6M5	19265-73
	15	Фреза Ø36	2235-0227	BK8	3882-74
	16	Свердло Ø6,5	2301-0045	P6M5	19265-73

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
	17	Розвертка $\varnothing 6,95$	2363-0067	BK8	3882-74
	19	Фреза $\varnothing 24$	2234-2566	BK8	3882-74
	20	Свердло $\varnothing 19,75$	10903-77	P6M5	19265-73
	21	Свердло $\varnothing 16,4$	10903-77	P6M5	19265-73
	22	Свердло $\varnothing 15$	10903-77	P6M5	19265-73
	23	Зенкер $\varnothing 15,75$	2320-5696	BK8	3882-74
	24	Розвертка $\varnothing 20,5$	2363-2098	BK8	3882-74
	25	Мітчик M18x1,5	2620-1667.2	P6M5	19265-73

2.9 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю технічних операцій обирають з урахуванням точності вимірювання, розміру, якості вимірювальної поверхні та типу виробництва. Відомості про засоби технічного контролю приводимо в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вимірювальний інструмент для контролю деталі

№ опер	№ пер.	Параметр деталі, що контролюється	Найменування інструменту	Стандарт (код)
1	2	3	4	5
005	3	Ширина фланцю $23_{-0,4}$ Діаметр $\varnothing 120_{-0,035}$	Скоба $25_{-0,4}$ Скоба $120_{-0,035}$	8551-75 8551-75
	4	Ширина канавки $4,7^{+0,18}$	Шаблон $4,7^{+0,18}$	2236-5669
	6	Діаметр виточки $\varnothing 70^{+0,7}$	Штангенциркуль	166-80
	7	Діаметр отвору $\varnothing 42,3^{+0,1}$	Пробка $42,3^{+0,1}$	8572-75
	8	Ширина канавки $6_{-0,25}$	Шаблон $6_{-0,25}$	2236-5672
	9	Ширина канавки $2,1^{+0,1}$	Шаблон $2,1^{+0,1}$	2236-5678

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
010	2	Лінійний розмір $39_{-0,2}$	Штангенциркуль	166-80
	4	Діаметр отвору $\varnothing 35^{+0,039}$	Пробка $35^{+0,039}$	8572-75
015	2	Лінійний розмір $19_{-0,4}$	Штангенциркуль	166-80
	5	Діаметр отвору $\varnothing 19^{+0,021}$	Пробка $19^{+0,021}$	8572-75
	6	Діаметр отвору $\varnothing 19^{+0,3}$	Пробка $19^{+0,3}$	8572-75
	7	Лінійний розмір $33^{+0,5}$	Штангенрейсмас ШР-300	164-90
020	3	Діаметр отвору $\varnothing 14,4^{+0,3}$	Пробка $14,4^{+0,3}$	8572-75
	4	Діаметр отвору $\varnothing 9^{+0,36}$	Пробка $9^{+0,36}$	8572-75
	5	Діаметр отвору $\varnothing 4,5^{+0,3}$	Пробка $4,5^{+0,3}$	8572-75
	6	Діаметр отвору $\varnothing 16,5^{+0,11}$	Пробка $16,5^{+0,11}$	8572-75
	7	Різь M16x1.5	Пробка різьова M16x1,5	2236-5998
	10	Діаметр отвору $\varnothing 18,4^{+0,3}$	Пробка $18,4^{+0,3}$	8572-75
	11	Діаметр отвору $\varnothing 14^{+0,4}$	Пробка $14^{+0,4}$	8572-75
	12	Діаметр отвору $\varnothing 20,5^{+0,13}$	Пробка $20,5^{+0,13}$	8572-75
	13	Різь M20x1.5	Пробка різьова M20x1,5	2236-5925
	16	Діаметр отвору $\varnothing 6,5^{+0,36}$	Пробка $6,5^{+0,36}$	8572-75
	17	Діаметр отвору $\varnothing 6,95^{+0,048}$	Пробка $6,95^{+0,048}$	8572-75
	20	Діаметр отвору $\varnothing 19,75^{+0,2}$	Пробка $19,75^{+0,2}$	8572-75
	21	Діаметр отвору $\varnothing 16,43^{+0,3}$	Пробка $16,43^{+0,3}$	8572-75
	24	Діаметр отвору $\varnothing 16^{+0,027}$	Пробка $16^{+0,027}$	8572-75
	25	Різь M18x1.5	Пробка різьова M18x1,5	2236-5945

2.10 Визначення припусків та операційних розмірів деталі

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розрахуємо припуски на механічну обробку поверхонь. Для поверхні $\varnothing 120h7_{-0,035}$ (зовнішня циліндрична) деталі корпус розподільника розрахунок припусків виконуємо за методикою професора Кована.

Характеристика поверхні: зовнішня циліндрична $\varnothing 120h7_{-0,035}$ шорсткість $Ra=2,5$ мкм, довжина обробки $l=10^{+0,25}$ мм.

Маршрут обробки поверхні:

- 1.Точіння чорнове;
2. Точіння чистове.

Заготовка: відливок, допуск $\delta_3=0,8$ мм (верхнє відхилення $+0,6$, нижнє $-0,2$).

Для всіх переходів базою є вісь зовнішньої циліндричної поверхні, тому похибка становлення в радіальному напрямку дорівнює 0.

Сумарне значення просторових відхилень ρ для заготовок даного класу визначається за формулою:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2};$$

Короблення отвору в осьовому та діаметральному напрямку:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2};$$

де $\Delta_k=0,8$ мкм/мм - питома кривизна заготовки

d, l – діаметр та довжина поверхні.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,8 \cdot 120)^2 + (0,8 \cdot 10)^2} = 96;$$

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2} = \sqrt{150^2 + 150^2} = 212 \text{ мкм};$$

Таким чином, сумарне значення просторових відхилень заготовки, становить:

$$\rho_z = \sqrt{96^2 + 212^2} = 232 \text{ мкм};$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок припусків і граничних розмірів за технологічними переходами на обробку зовнішньої циліндричної $\varnothing 120h7$

Технологічні переходи обробки отвору	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничні відхилення, мкм	
	R_z	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	600		232		121,919	800	121,919	122,71 9		
Точіння чорнове	50	50	9,3	2x866	120,18 7	140	120,187	120,32 7	1732	2392
Точіння чистове	20	25	4.6	2x111	119,96 5	35	119,965	120	222	327
Разом									1954	2719

Залишкові просторові відхилення по переходах визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \times \rho_z$$

1 перехід – точіння чорнове $\rho_1 = 0,04 \times 232 = 9,3$ мкм;

2 перехід – точіння чистове $\rho_2 = 0,02 \times 232 = 4,6$ мкм.

Визначаємо похибку установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2};$$

де $E_3 = 120$ мкм – похибка закріплення заготовки; $E_6 = 50$ мкм – похибка установки;

$$\varepsilon = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130 \text{ мкм};$$

Остаточна похибка при точінні чистовому:

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot \varepsilon_1 = 130 \cdot 0.05 = 6.5 \text{ мкм};$$

Визначаємо мінімальні припуски по переходах за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2});$$

Мінімальні припуски:

- під точіння чорнове:
$$2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{232^2 + 130^2}) = 2 \cdot 866;$$

- під точіння чистове: $2Z_{\min 2} = 2(50 + 50 + \sqrt{9,3^2 + 6,5^2}) = 2 \cdot 111;$

Визначаємо розрахункові значення діаметрів:

- для точіння чорнового:

$$d_{p1} = 119,965 + 0,222 = 120,187 \text{ мм};$$

- для заготовки:

$$d_{p3} = 120,187 - 1,732 = 121,919 \text{ мм}.$$

Визначення граничних розмірів виконуємо, починаючи з кінцевого розміру (з креслення). Результати наведені в таблиці 2.10.

$$d_{\max 2} = d_{\min 2} + \delta_2 = 119,965 + 0,035 = 120 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} + \delta_1 = 120,187 + 0,14 = 120,327 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{заг}} = d_{\min \text{заг}} + \delta_{\text{заг}} = 121,919 + 0,8 = 122,719 \text{ мм}.$$

Визначаємо мінімальні значення припусків за формулами:

$$Z_{\max i} = d_{\max i-1} - d_{\max i};$$

$$Z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i}.$$

- для точіння чистового:

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 120,327 - 120 = 0,327 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 120,187 - 119,965 = 0,222 \text{ мм};$$

- для точіння чорнового:

$$2Z_{\max 1}^{\text{пр}} = 122,719 - 120,327 = 2,392 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 121,919 - 120,187 = 1,732 \text{ мм}.$$

Перевірка

$$Z_{\max 2}^{\text{пр}} - Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 327 - 222 = 105 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 140 - 35 = 105 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 1}^{\text{пр}} - Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 2392 - 1732 = 660 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 800 - 140 = 660 \text{ мкм}.$$

Розрахунки виконано вірно.

На інші поверхні припуски визначаємо по нормативним даним, і заносимо їх до таблиці 2.11.

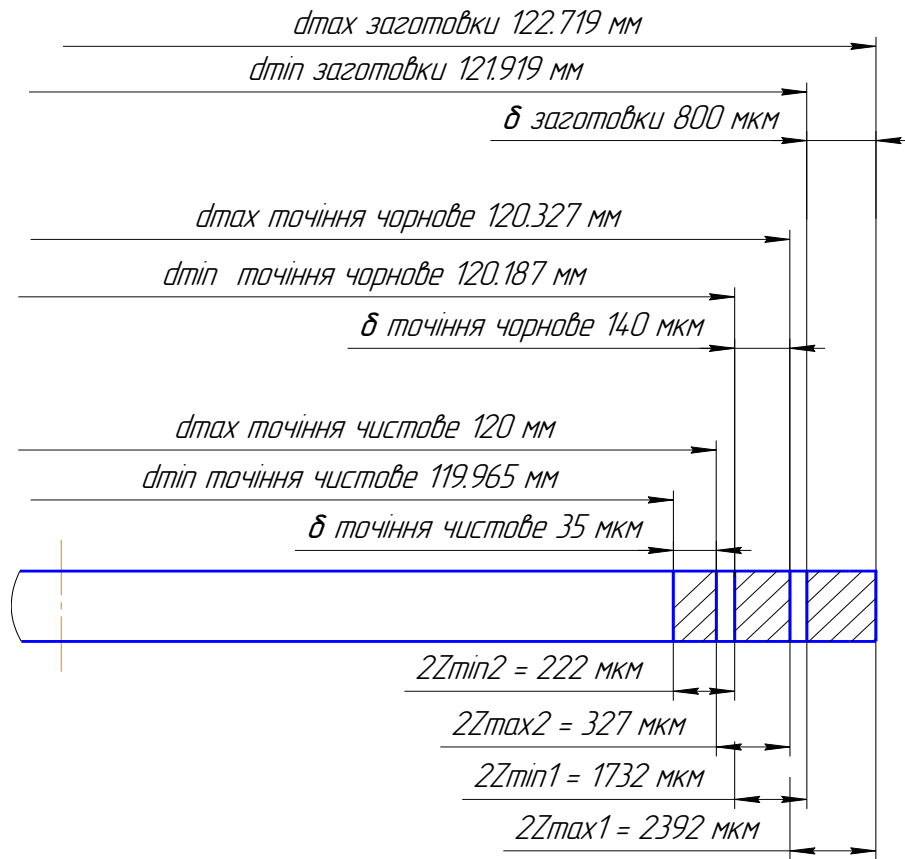


Рисунок 2.4 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку поверхні $\varnothing 120h7$.

Таблиця 2.11 – Зведена таблиця припусків на обробку корпусу

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ (мм)	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5
1	Зовнішня циліндрична	Точіння чорнове	2,5	0,14
		Точіння чистове	0,5	0,035
2	Торець	Точіння одноразове	2,0	0,25
3	Торець	Точіння одноразове	2,0	0,4
4	Канавка	Точіння канавки	4,7	0,087
5	Внутрішня циліндрична	Свердління	13,5	0,4
		Розточ. чорнове	7,15	0,3
		Розточ. чистове	0,5	0,1

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5
6	Канавка	Точіння канавки	6,0	0,6
7	Канавка	Точіння канавки	2,1	0,1
8	Внутрішня циліндрична	Розточ. чорнове	2,5	0,16
		Розточ. чистове	0,25	0,039
9	Торець	Точіння одноразове	2,0	0,2
10	Площина	Фрезерування	3,0	0,4
11	Отвір	Свердління	9,0	0,3
		Зенкерування	0,35	0,13
		Розверчування	0,15	0,021
12	Отвір	Свердління	9,5	0,3
13	Площина	Фрезерування	2,5	0,5
14	Площина	Фрезерування	2,5	0,5
15	Площина	Фрезерування	2,5	0,8
16	Отвір	Свердління	7,0	0,3
		Зенкерування	1,25	0,11
17	Отвір з різью	Свердління	7,0	0,3
		Нарізання різі	0,5	0,1
18	Отвір	Свердління	7,0	0,3
19	Отвір	Свердління	4,5	0,36
20	Отвір	Свердління	2,25	0,3
22	Отвір з різью	Свердління	8,2	0,3
		Нарізання різі	0,5	0,1
23	Отвір	Свердління	8,2	0,3
24	Отвір	Свердління	7,5	0,4
		Зенкерування	0,375	0,1
		Розверчування	0,075	0,027
25	Торець	Фрезерування	2,5	0,74

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5
26	Площина	Фрезерування	2,0	0,5
27	Отвір	Свердління	3,25	0,36
		Розверчування	0,25	0,048
28	Отвір	Свердління	9,2	0,3
		Зенкерування	1,7	0,13
29	Отвір з різью	Свердління	9,2	0,3
		Нарізання різі	0,8	0,1
30	Отвір	Свердління	9,2	0,3
31	Отвір	Свердління	7,0	0,4

2.11 Розрахунок режимів різання

Елементи режимів різання визначаємо за нормативними даними. Визначені величини елементів режимів різання заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Зведена таблиця режимів різання на операції механічної обробки

Номер		t, мм	i	S _o , мм/об; мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	L _{px} , мм	t _o , хв
Операції	Переходу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	2	2,0	1	0,12	188,4	500	66	1,1
	3	2,5	1	0,12	188,4	500	13	0,217
	4	0,5	1	0,1	226,1	600	13	0,217
	5	4,7	1	0,1	188,4	350	5	0,143
	6	13,5	1	0,25	17	200	55	1,1
	7	2,5	3	0,2	64,4	500	37	1,11
	8	0,5	1	0,15	105,5	800	37	0,308
	9	6,0	2	0,2	60,3	400	6	0,15
	10	2,1	2	0,2	60,3	400	6	0,15

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	2	2,0	1	0,12	113	600	15	0,21
	3	2,5	1	0,15	54,2	500	9	0,12
	4	0,25	1	0,1	87,92	800	10	0,125
015	2	2,0	6	200	57	500	38	1,14
	3	9,0	2	60	28	500	24	0,8
	4	0,35	2	200	28	500	24	0,24
	5	0,15	2	160	20	350	24	0,28
	6	9,5	4	60	28	500	24	1,6
	7	2,5	1	200	34	500	75	0,375
	2	2,5	1	200	56,52	500	40	0,2
020	3	7,2	1	0,25	22,6	500	45	0,36
	4	4,5	1	0,25	17	600	14	0,093
	5	2,25	1	0,25	11,3	800	9	0,045
	6	1,0	1	0,3	31,1	600	8	0,044
	7	0,75	1	1,5	6,03	120	64	0,356
	9	2,5	1	200	56,52	500	40	0,2
	10	9,2	1	0,25	28,9	500	34	0,272
	11	7,0	1	0,25	22	500	28	0,224
	12	1,7	1	0,2	25,75	400	7	0,088
	13	0,75	1	1,5	7,54	120	44	0,244
	15	2,5	1	200	56,52	500	20	0,1
	16	3,25	1	0,25	16,33	800	40	0,2
	17	0,25	1	0,1	5,46	250	10	0,4
	19	2,5	1	200	56,52	500	40	0,2
	20	9,85	1	0,25	31	500	14	0,112
	21	8,2	1	0,25	25,8	500	28	0,224
	22	7,5	1	0,25	23,55	500	30	0,24
	23	0,375	1	0,2	39,6	800	30	0,188
	24	0,075	1	0,15	12,56	250	30	0,8
	25	0,75	1	1,5	6,78	120	55	0,306

2.12 Технічне нормування операцій

Виконаємо розрахунок штучно-калькуляційного часу для 010 операції токарної з ЧПК, обробки корпусу розподільника.

Основний технологічний час операції:

$$t_0 = 0,455 \text{ хв};$$

Визначаємо допоміжний час, який складається з:

- часу на встановлення та закріплення деталі:

$$t_{д1} = 0,08 \text{ хв};$$

- додаткового часу, що пов'язаний з операцією та включає в себе час на включення верстату, встановлення та зняття щитка що запобігає залякування емульсією:

$$t_{д2} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ хв};$$

- час на контрольні вимірювання:

$$t_{д3} = 0,45 \text{ хв};$$

Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_d = t_{д1} + t_{д2} + t_{д3} = 0,08 + 0,18 + 0,45 = 0,71 \text{ хв};$$

Час на організаційні та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, визначаємо в відсотках від оперативного часу:

$$\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{пер}} = 8\%$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{очн}}}{100}\right);$$

$$T_{\text{шт}} = (0.455 + 0.71) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1.258 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n;$$

де $T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час; $n = 100$ шт – програма запуску деталей;

Визначаємо підготовчо-заключний час: $T_{\text{пз}} = 12 + 8 = 20 \text{ хв};$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,258 + 20/100 = 1,458 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку норм часу на інші операції заносимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Результати технічного нормування

№ опер	t _о (хв.)	t _д (хв.)	t _{техн.} (хв.)	t _{орг} (хв.)	t _{пер} (хв.)	t _{шт} (хв.)	t _{п-з} (хв.)	t _{шт.к} (хв.)
1	2	3	4	5	6		7	8
005	4,495	1,68	0,37	0,093	0,247	6,885	20	6,985
010	0,455	0,71	0,047	0,017	0,029	1,258	20	1,458
015	4,435	1,72	0,369	0,092	0,246	6,862	22	6,962
020	4,896	1,84	0,404	0,101	0,269	7,51	24	7,61

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка конструкції затискного пристрою.

Розроблений затискний пристрій використовується при обробці деталі корпус розподільника на 015 вертикально-фрезерній операції з ЧПК.

Обробка ведеться на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6Т13Ф3. Затискний пристрій встановлюється на столі верстату і кріпиться болтами.

Складальне креслення винесено в графічну частину кваліфікаційної роботи. В записці представимо спрощену схему даного затискного пристрою.

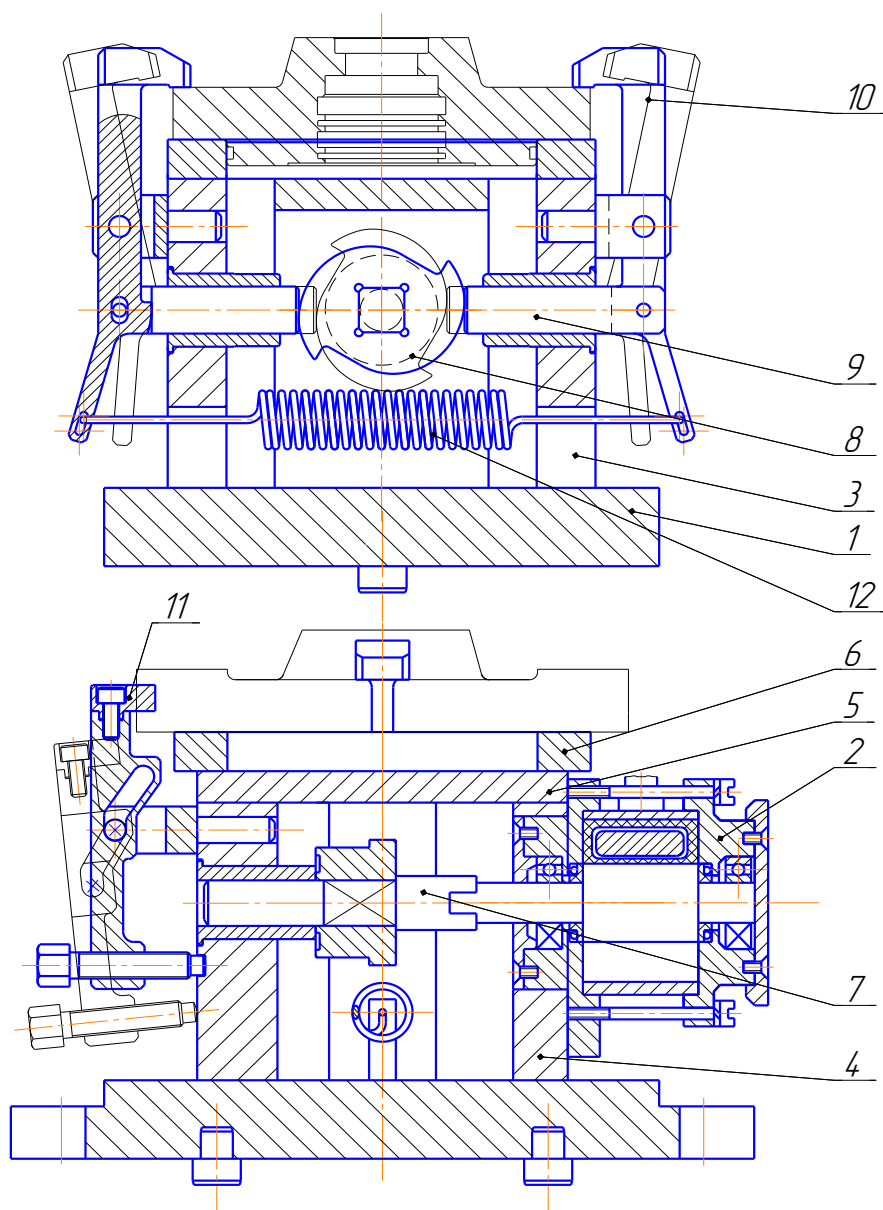


Рисунок 3.1 – Схема затискного пристрою

Затискний пристрій складається з таких основних частин (див. рис. 3.1): 1 – основа, 2 – неповнооборотний пневмоциліндр, 3 – стойки, 4 – стойки, 5 – плита опорна, 6 – кільце установочне, 7 – вал, 8 – кулачок, 9 – штовхачі, 10 – важелі, 11 – призма установочна, 12 – пружина.

На основі 1, закріплено дві стійки 3 та дві стійки 4, які з'єднані вгорі плитою опорною 5 на якій встановлено установочне кільце 6. До стійок 4 кріпиться неповнообертовий пневмоциліндр 2 вихідний вал якого з'єднано з валом 7 на якому розміщено кулачок 8. На стійках 3 закріплено затискні важелі 10.

Принцип роботи.

Після встановлення заготовки на кільце установочне, поворотом рукоятки крана, стиснуте повітря подається в неповнооборотний пневмоциліндр, який повертає вал на якому закріплено кулачок. В свою чергу кулачок тисне на штовхачі 9 які приводять до руху затискні важелі 10. Важелі притискають деталь до кільця установочного. Кутова орієнтація деталі під час встановлення відбувається за допомогою установочної призми 11. При розтиску деталі для відведення важелів у вихідне положення участь приймає пружина 12.

3.1.2 Розрахунок потрібної сили затиску заготовки

Складаємо розрахункову схему затиску деталі, визначаємо точку прикладення сили затиску та її напрям.

Заготовка під дією крутного моменту та сил різання (P_z), що виникають під час свердління отворів діаметром 19 мм прагне повернутися навколо точки О. Повороту заготовки перешкоджають сили терті, що виникають між заготовкою та установочним кільцем. Нехтуємо силою тяжіння заготовки, складаємо рівняння рівноваги у вигляді моментів усіх сил відносно точки О.

$$\sum M_o = 0;$$

$$l \cdot P_z - l_1 \cdot P_{z1} - 2l_2 \cdot F_T = 0;$$

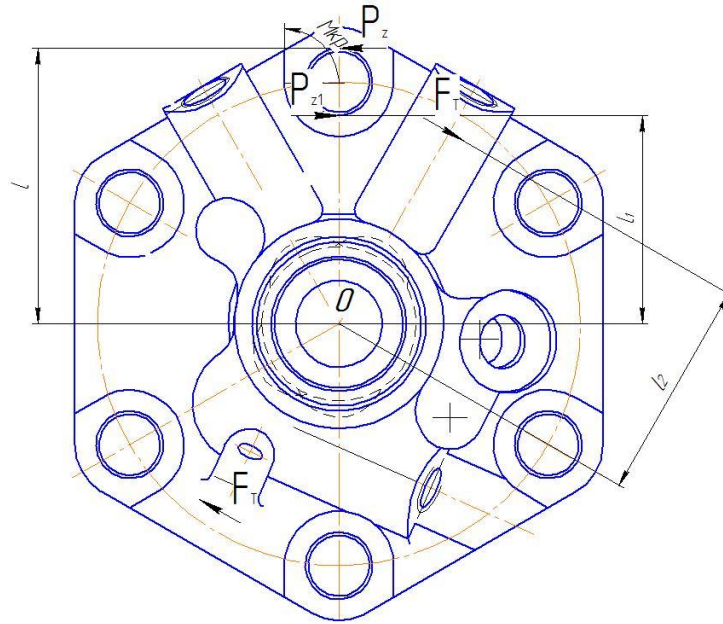


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку сил затиску

Сила тертя визначається з залежності:

$$F_T = \frac{W}{2} f ;$$

З формули виражаємо і знаходимо силу затиску W:

$$W = \frac{P_z(l-l_1)}{l_2 \cdot f} K ;$$

де P_z виражається залежністю $M_{кр} = 2P_z \cdot \frac{D}{2} ;$

Крутний момент під час свердління визначаємо за імперичною формулою:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p ;$$

Значення C_M і показників степенів приведені в табл. 32 [5].

$$C_M = 0,012; q = 2,2; y = 0,8.$$

Коефіцієнт, враховуючий фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається виразом

$$K_p = K_{Mp} = 1. \quad [5, \text{табл. 9}]$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.012 \cdot 19^{1.2} \cdot 0.35^{0.75} \cdot 1 = 33.67 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тож:

$$P_z = \frac{M_{кр}}{D} = \frac{34}{0.019} = 1789 \text{ Н};$$

Отже визначаємо силу затиску

$$W = \frac{1789(84.5 - 65.5)}{77 \cdot 0.20} 1.5 = 2169 \text{ Н};$$

3.1.3 Розрахунок параметрів силового приводу

В якості силового приводу використовуємо лопатевий неповноповоротний пневматичний привод.

Визначаємо крутний момент на валу лопатного неповнооборотного приводу:

$$M_{кр} = \frac{W \cdot R}{i_{заг}} = \frac{2169 \cdot 0.025}{5.04} = 10.7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де R - це середній радіус робочого профілю кулачка.

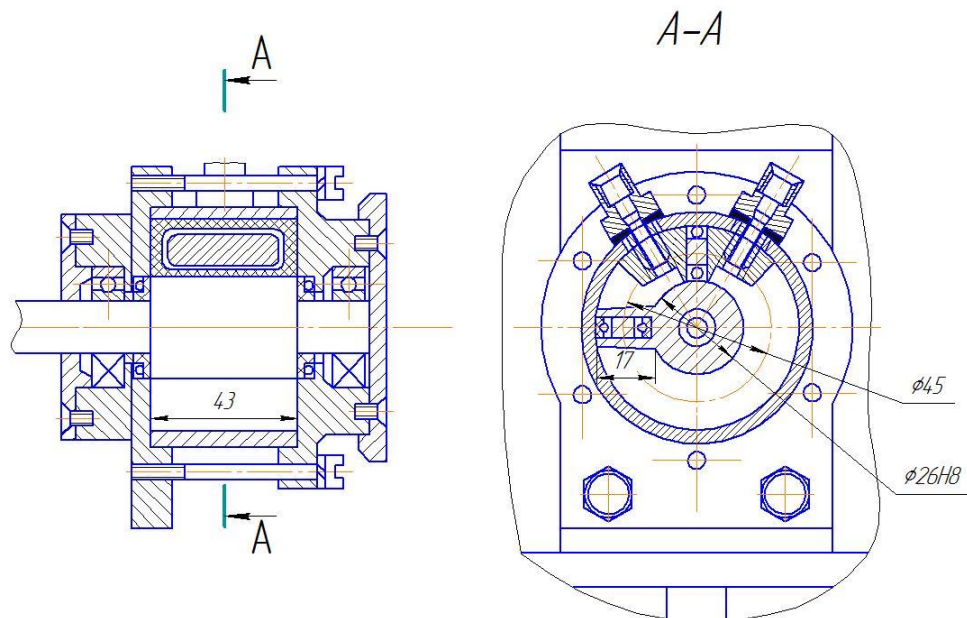


Рисунок 3.3 – Лопатевий неповнооборотний пневматичний привод

Визначаємо середній радіус лопасті неповно оборотного приводу:

$$R_{cp} = \frac{M_{кр}}{0.1 \cdot B \cdot H \cdot \rho} = \frac{10.7}{0.1 \cdot 4.3 \cdot 1.7 \cdot 4} = 2.2 \text{ см.}$$

де B - ширина лопасті;

H – висота лопасті

Вибираємо діаметр циліндра із нормального ряду діаметрів і приймаємо $D_{cp} = 45 \text{ мм}$ по ГОСТ21307-75.

3.2.4 Профілювання і розрахунок кулачка

В даному пристрої використовуємо кулачок з профілем робочої поверхні у вигляді Архімедовії спіралі.

Тож проведемо профілювання кулачка.

Будуємо коло $R_{\min} = 48$, встановлюємо у колі сектор з кутом 120° , ділимо сектор на $n = 24$ рівних частин, визначаємо приріст радіус векторів кулачка :

$$\Delta R = \frac{H}{n} = \frac{18}{24} = 0.75 \text{ мм.}$$

Визначаємо довжини радіус векторів:

$$R_1 = R_{\min} + \Delta R = 48 + 0.75 = 48.75 \text{ мм;}$$

$$R_2 = R_{\min} + 2\Delta R = 48 + 2 \cdot 0.75 = 49.5 \text{ мм;}$$

$$R_3 = R_{\min} + 3\Delta R = 48 + 3 \cdot 0.75 = 50.25 \text{ мм;}$$

$$R_4 = R_{\min} + 4\Delta R = 48 + 4 \cdot 0.75 = 51 \text{ мм;}$$

$$R_5 = R_{\min} + 5\Delta R = 48 + 5 \cdot 0.75 = 51.75 \text{ мм;}$$

$$R_6 = R_{\min} + 6\Delta R = 48 + 6 \cdot 0.75 = 52.5 \text{ мм;}$$

$$R_7 = R_{\min} + 7\Delta R = 48 + 7 \cdot 0.75 = 53.25 \text{ мм;}$$

$$R_8 = R_{\min} + 8\Delta R = 48 + 8 \cdot 0.75 = 54 \text{ мм;}$$

$$R_9 = R_{\min} + 9\Delta R = 48 + 9 \cdot 0.75 = 54.75 \text{ мм;}$$

$$R_{10} = R_{\min} + 10\Delta R = 48 + 10 \cdot 0.75 = 55.5 \text{ мм;}$$

$$R_{11} = R_{\min} + 11\Delta R = 48 + 11 \cdot 0.75 = 56.25 \text{ мм;}$$

$$R_{12} = R_{\min} + 12\Delta R = 48 + 12 \cdot 0.75 = 57 \text{ мм;}$$

$$R_{13} = R_{\min} + 13\Delta R = 48 + 13 \cdot 0.75 = 57.75 \text{ мм;}$$

$$R_{14} = R_{\min} + 14\Delta R = 48 + 14 \cdot 0.75 = 58.5 \text{ мм;}$$

$$R_{15} = R_{\min} + 15\Delta R = 48 + 15 \cdot 0.75 = 59.25 \text{ мм;}$$

$$R_{16} = R_{\min} + 16\Delta R = 48 + 16 \cdot 0.75 = 60 \text{ мм;}$$

$$R_{17} = R_{\min} + 17\Delta R = 48 + 17 \cdot 0.75 = 60.75 \text{ мм;}$$

$$R_{18} = R_{\min} + 18\Delta R = 48 + 18 \cdot 0.75 = 61.5 \text{ мм;}$$

$$R_{19} = R_{\min} + 19\Delta R = 48 + 19 \cdot 0.75 = 62.25 \text{ мм;}$$

$$R_{20} = R_{\min} + 20\Delta R = 48 + 20 \cdot 0.75 = 63 \text{ мм};$$

$$R_{21} = R_{\min} + 21\Delta R = 48 + 21 \cdot 0.75 = 63.75 \text{ мм};$$

$$R_{22} = R_{\min} + 22\Delta R = 48 + 22 \cdot 0.75 = 64.5 \text{ мм};$$

$$R_{23} = R_{\min} + 23\Delta R = 48 + 23 \cdot 0.75 = 65.25 \text{ мм};$$

$$R_{24} = R_{\min} + 24\Delta R = 48 + 24 \cdot 0.75 = 66 \text{ мм}.$$

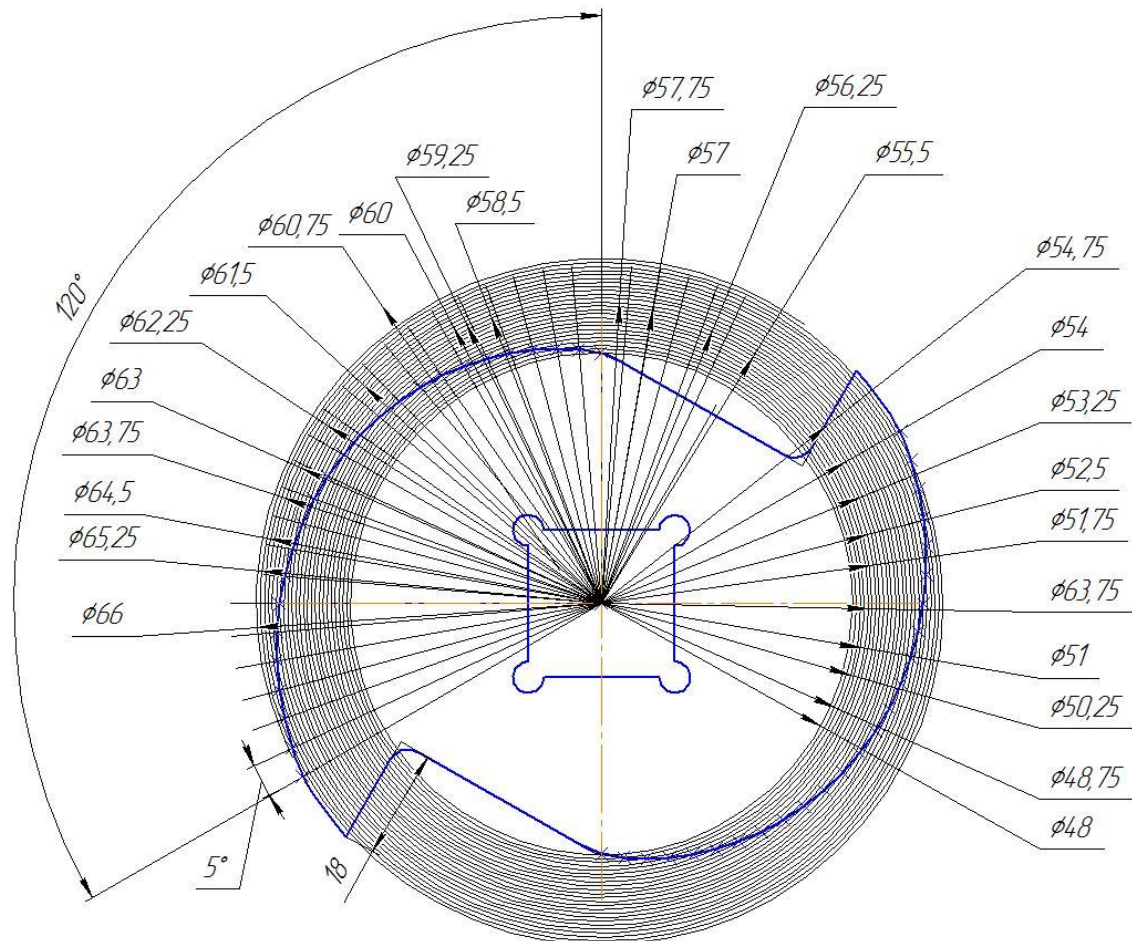


Рисунок 3.4 – Профілювання кулачка

3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою

Креслення контрольного пристрою винесено в графічну частину кваліфікаційної роботи. Він використовується для контролю допуску радіального биття отвору 42,3 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 120 мм. Відхилення співвісності не повинно перевищувати 0,05 мм.

Контроль будемо проводити індикатором часового типу ИЧ10, по ГОСТ 577-68 з ціною поділки 0,01 мм.

Контрольний пристрій (рис. 3.5) складається з прихвату 1, корпусу 2, прижиму 3, гайки 4, втулки 5, наконечника 6, оправки 7, ручок 8, цанги 9, важіля 10, пружини 11, гвинтів 12 та 13.

Пристрій встановлюється на контрольовану деталь за допомогою цанги поз. 9, використання якої дозволяє звести похибку базування до нуля. Наконечник 6 контактує з контрольованою поверхнею, постійність їх контакту забезпечує пружина поз. 11.

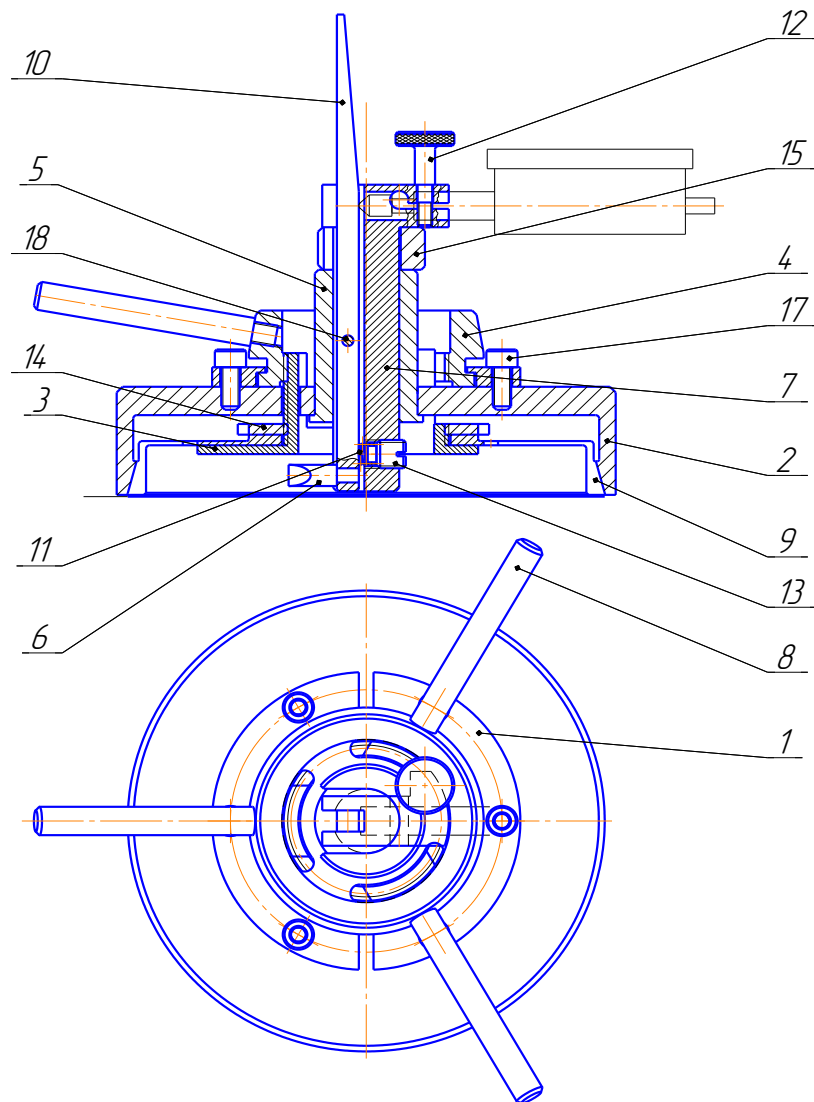


Рисунок 3.5 – Пристрій контрольний

Наконечник 6 закріплений на важелі поз. 10, який має можливість обертання навколо вісі поз. 18. До іншого кінця важіля підходить головка індикатора часового типу. Контрольний пристрій повертаємо за ручки поз. 8 навколо власної вісі не менше одного оберту. Стрілка індикатора покаже відхилення допуску радіального биття отвору відносно зовнішньої циліндричної поверхні.

4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Дослідження продуктивності використовуваних роботизованих комплексів різних виконань

4.1 Вступ

Актуальність теми.

Сучасний етап розвитку виробництва вимагає активного впровадження гнучких систем, які включають в себе верстати з програмним керуванням, комп'ютерну техніку та промислові роботи. Останні як гнучкі засоби автоматизації дозволяють комплексно вирішувати соціальні та економічні проблеми. Одним із перспективних напрямків розвитку гнучких виробничих систем є створення верстатних комплексів з промисловими роботами, які дозволяють значно підвищити продуктивність обробки деталей та оперативно виконувати переналагодження технологічної системи на випуск іншої номенклатури виробів.

Автоматизація вважається головним, найбільш перспективним напрямком в розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Тож підвищення продуктивності виробництва за рахунок роботизації операцій є актуальним питанням, розгляду якого і присвячена дана магістерська робота.

Мета і завдання дослідження.

1. Провести аналіз існуючих конструкцій роботизованих комплексів.
2. Виконати порівняльний аналіз продуктивності роботизованих комплексів, що побудовані на основі верстатів з ЧПК та різних виконань промислових роботів.
3. Дослідити вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, що пов'язаний з

підведенням та відведенням ріжучого інструменту.

4. Проаналізувати вплив часу роботи промислового робота та технологічного обладнання на продуктивність роботизованого комплексу в цілому.

Наукова новизна. Проведено порівняльний аналіз продуктивності РТК з різним виконанням промислових робіт. Виконана загальна оцінка продуктивності РТК в залежності від часу роботи верстату та промислового робота. Визначено важливий вплив часу роботи робота, який може змінювати продуктивність РТК від 1.1 до 3 разів.

Практична цінність. Встановлено, що використання двозахватного робота порівняно з одноруким однозахватним дозволяє скоротити час простою, як фрезерного так і токарного верстату під розвантаженням і завантаженням близько 4 разів, а використання двозахватного робота порівняно з дворуким в 1,65 рази.

Досліджено вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, що пов'язаний з підведенням та відведенням ріжучого інструменту.

Проаналізовано, неперекритий час роботи ПР ($T_{P(B)}$) який повинен бути в 3 – 5 разів менше часу роботи верстату (T_B).

4.2 Аналіз існуючих конструкцій промислових роботів у складі роботизованих комплексів

Головне завдання машинобудування полягає у виготовленні необхідних виробів належної якості з мінімальною вартістю та забезпеченням високої продуктивності виробничого процесу. Одним із важливих напрямків розв'язання цієї проблеми в ринкових умовах є впровадження гнучких автоматизованих систем, основа яких – гнучкі роботизовані комплекси. З існуючих, найбільше розповсюдження отримали токарні РТК, які мають велику кількість різновидів свого виконання. Це відноситься як до їх призначення, так і особливостей будови верстатів, роботів, допоміжних пристроїв, та варіантів їх компонування розміщення.

Приклад токарного РТК є варіант наведений на рис. 4.1.

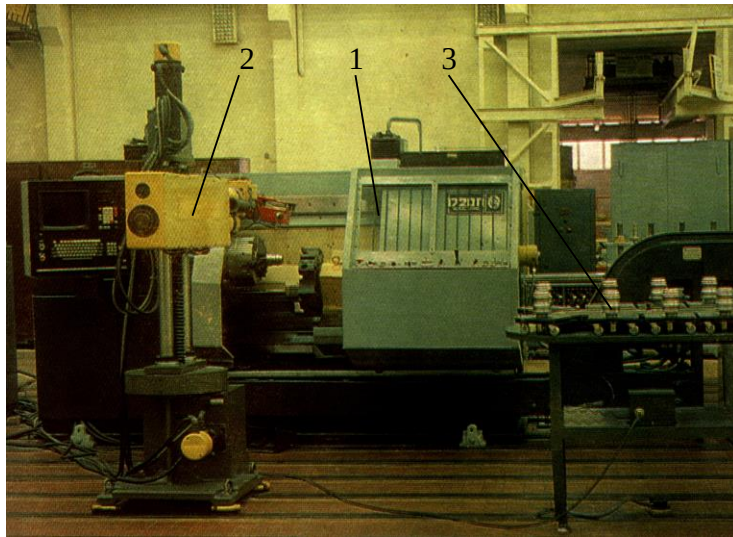


Рисунок 4.1 – Компоновка токарного РТК (робот розміщений на підлозі):

1 – токарний верстат з ЧПК;

2 – промисловий робот;

3 – допоміжний пристрій.

В даному комплексі використовується однорукий однозахватний промисловий робот М20П.40.01, який розміщений на підлозі перед токарним верстатом з ЧПК, та допоміжний пристрій – виконаний у вигляді тактового столу.



а)



б)

Рисунок 4.2 – Типові компоновки токарних РТК з ДПР (робот розміщений на технологічному обладнанні):

1 - токарний верстат з ЧПК; 2 - ПР; 3 - допоміжний пристрій.

У складі токарних комплексів також використовують однорукі двозахватні виконання промислових роботів. Так, у РТК (рис. 4.2, а) для обслуговування токарного верстату з ЧПК 16К20Ф3 використано двозахватний промисловий робот, що розміщений на передній бабці, та подавально-приймальний пристрій у вигляді касети, який розміщений з лицьової сторони верстату. На рис. 4.2, б, показано РТК з двозахватним промисловим роботом розміщеним на технологічному обладнанні

(з лицьової сторони), а в якості допоміжного пристрою використовується тактовий стіл, встановлений попереду токарного верстату з ЧПК [21].

На рис. 4.3 наведено свердлильний роботизований комплекс до складу якого входять свердлильний верстат з ЧПК моделі 2Н135Ф2 та промисловий робот типу ПР-10. Робот бере заготовку з крокового конвеєру і встановлює на стіл верстата. Після обробки одна рука робота знімає оброблену деталь з верстата, а друга рука, бере заготовку з подавального пристрою. Відбувається поворот рук робота на 90° , оброблена деталь встановлюється на приймальний пристрій (конвеєр), а друга рука встановлює заготовку на стіл верстата. Комплекс призначений для свердлильної обробки різнотипових деталей [20].

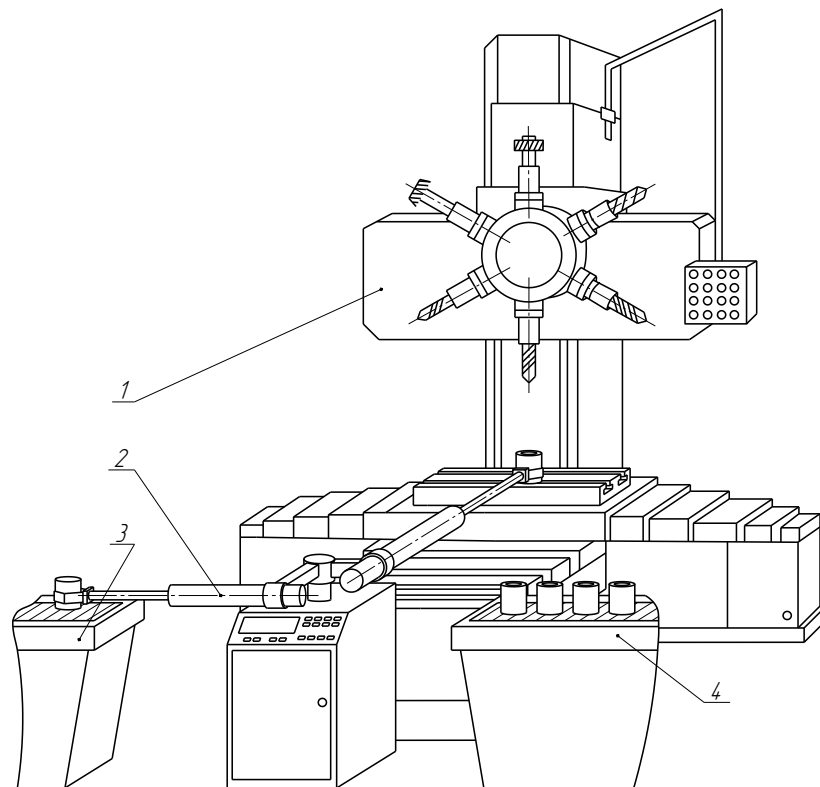


Рисунок 4.3 – Свердлильний роботизований технологічний комплекс:

1 – вертикально-свердлильний верстат з ЧПК; 2 – промисловий робот;

3, 4 – допоміжні пристрої.

Фрезерний роботизований комплекс (рис. 4.4) складається з двох спеціалізованих вертикально-фрезерних верстатів моделі МА655АЗ, допоміжних пристроїв поз. 6 і 7 та промислового робота М10П.62.01 поз. 3.

На верстатах, що входять до складу РТК виконують фрезерування площин і пазів, свердління, зенкерування, розвертання, попереднє розточування отворів,

тощо. Обробка здійснюється по двох-трьох координатах за відповідними програмами. Для встановлення заготовок і зняття оброблених деталей використано промисловий робот моделі M10П.62.01. Даний робот встановлено на підлозі біля верстата. Він бере заготовки з допоміжних пристроїв 6 і 7, а потім в них же встановлює оброблені деталі. Оскільки час обробки корпусних деталей на фрезерних верстатах значний, то однорукий робот забезпечує обслуговування двох одиниць технологічного обладнання. Даний промисловий робот має можливість здійснювати лінійні (горизонтальне і вертикальне переміщення) та обертові рухи [21].

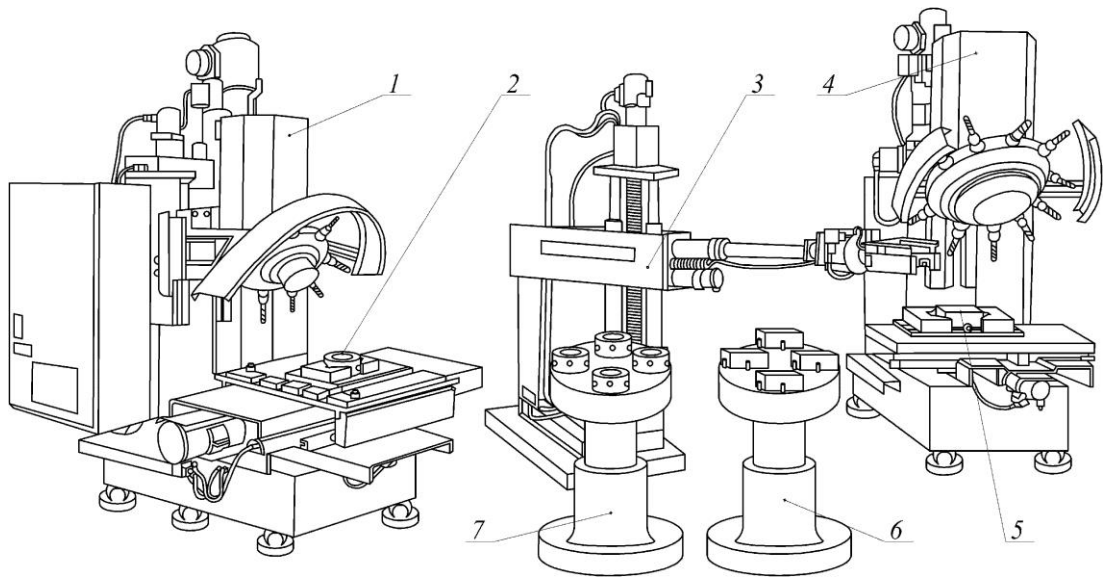


Рисунок 4.4 – Фрезерний роботизований комплекс:

- 1, 4 – фрезерний верстат з ЧПК; 2, 5 – оброблювані деталі; 3 – промисловий робот; 6 – приймально-подавальний пристрій для призматичної деталі; 7 – приймально-подавальний пристрій для циліндричної деталі.

Принципи будови роботизованих комплексів, їх компоновки та особливості використання розглянуті в роботах Фролова К.Ф., Воробйова Е.І. [18], Козирєва Ю.Г. [13], Ш Нофа [14], Спину Г.А. [27], Соломенцева Ю.М. [16], Павленка І.І. [19, 20, 21] та багатьох інших. Усі ці праці присвячені проблемам робототехніки, оскільки підвищення продуктивності виробництва за рахунок роботизації операцій є актуальним питанням, розгляду якого і присвячена дана дослідна частина.

4.3 Дослідження продуктивності роботи роботизованого комплексу в залежності від виконання промислового робота

4.3.1 Порівняльна оцінка токарних роботизованих комплексів

Для порівняльної оцінки розглянемо продуктивність РТК, що обслуговується одноруким однозахватним роботом, дворуким промисловим роботом та одноруким двозахватним роботом розміщеним 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 одну позицію приймального пристрою [21].

На основі прийнятих умов складаємо розрахунково-компонувальну схему (рис. 4.5), на якій позначені координати позицій транспортованих деталей. Схема рухів промислового робота з однією рукою і одним захватом показана на рис. 4.6. Усі рухи, позначені безперервними лініями із стрілками, вказують на виконання їх при зупиненому верстаті. Таким чином, знаючи послідовність рухів, визначаємо їх величину, а, відповідно, час роботи ПР по завантаженню і розвантаженню верстата [21].

Із розрахунково-компонувальної схеми згідно з характеристиками промислових роботів “Бриг – 10” та РФ-208 визначаємо необхідні величини переміщень:

горизонтальні переміщення (у всіх кутових положеннях руки) $Y_1 - Y_0 = 0,5\text{м}$;

вертикальні переміщення $X_2 - X_1 = X_2 - X_3 = 0,1\text{м}$;

локальні переміщення повзуна по виведенню (введенню) деталі із патрона $Z_{\text{л}} - Z_2 = 0,06\text{м}$;

кутові повороти руки $\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ$.

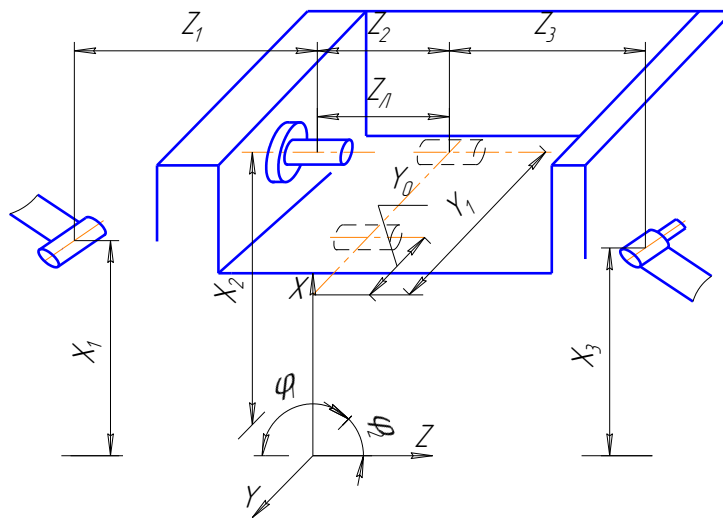


Рисунок 4.5 – Розрахунково-компонувальна схема токарного РТК

Середні значення швидкості рухів роботів “Бриг – 10” та РФ-208 з урахуванням затримок на включення рухів:

- горизонтальні переміщення – 0,3 м/с;
- вертикальні переміщення – 0,15 м/с;
- локальні переміщення повзуна – 0,2 м/с;
- обертання руки – 40 град/с.

По встановлених даних визначаємо час руху:

- горизонтальний рух $t_z = 0,5/0,3 = 1,66c$;
- вертикальний рух $t_g = 0,1/0,15 = 0,66c$;
- рух повзуна $t_n = 0,06/0,2 = 0,3c$;
- обертання руки на 90° $t_o = 90/40 = 1,5c$.

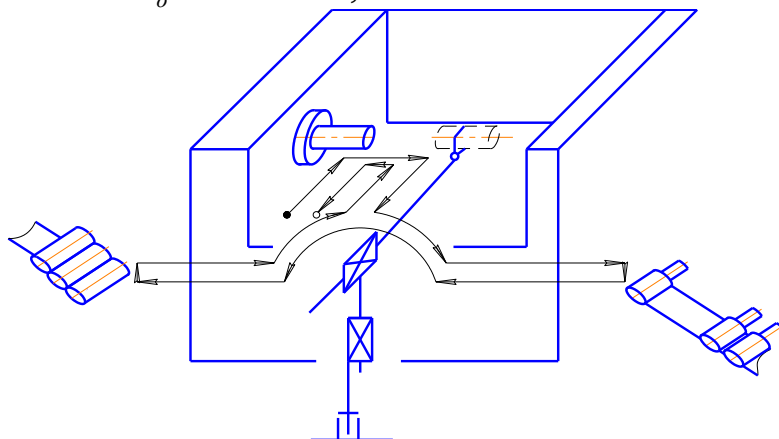


Рисунок 4.6 – Схема рухів однорукого однозахватного робота по завантаженню і розвантаженню верстату

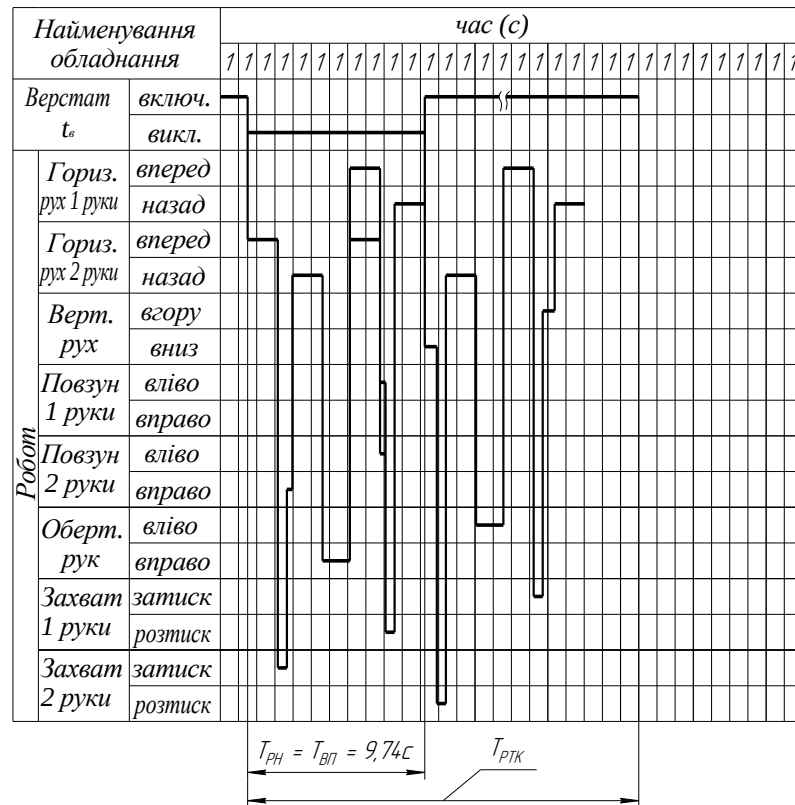


Рисунок 4.9 – Циклограма роботи токарного РТК з дворуким роботом

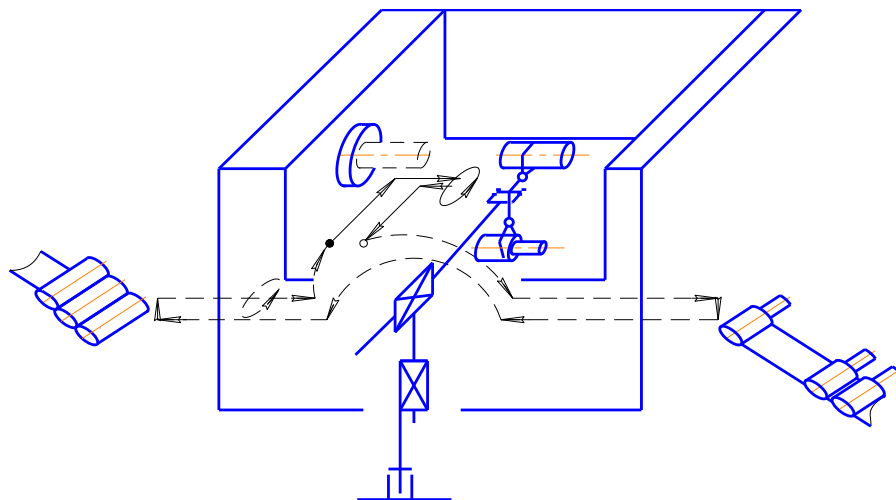


Рисунок 4.10 – Схема рухів однорукого двозахватного робота по завантаженню і розвантаженню верстату

Цей результат досягнуто за рахунок того, що при використанні двозахватних пристроїв основна частина рухів промислового робота відбувається під час роботи верстату.

Отримана величина скорочення простою обладнання може змінюватися в межах 3 – 8 разів залежно від технічних характеристик використовуваних роботів та даних розрахунково-компонувальних схем РТК. Значно більшим буде простоювання ТО при збільшенні відстані між позиціями приймального і подавального пристроїв, по відношенню до робочої позиції верстату та ПР.

Тож найбільш доцільним при обробці деталі напіввісь П20250 для виконання завантаження заготовок та зняття оброблених деталей використовувати двозахватний або дворукий промисловий робот.

4.3.2 Порівняльна оцінка фрезерних роботизованих комплексів

Оскільки деталь корпус гідророзподільника обробляється на фрезерному верстаті з ЧПК, тож за прикладом токарних комплексів розглянемо продуктивність свердлильного РТК, що обслуговується одноруким однозахватним роботом, дворуким промисловим роботом та одноруким двозахватним роботом розміщеним 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 одну позицію приймального пристрою.

На основі прийнятих умов складаємо розрахунково-компонувальну схему (рис. 4.12), на якій позначені координати позицій транспортованих деталей. Схема рухів промислового робота з однією рукою і одним захватом показана на рис. 4.13. Усі рухи, позначені безперервними лініями із стрілками, вказують на виконання їх при зупиненому верстаті. Таким чином, знаючи послідовність рухів, визначаємо їх величину, а, відповідно, час роботи ПР по завантаженню і розвантаженню верстата.

Із розрахунково-компонувальної схеми згідно з характеристиками промислових роботів визначаємо необхідні величини переміщень:

горизонтальні переміщення (у всіх кутових положеннях руки) $Y_1 - Y_0 = 0,25\text{м}$;
 вертикальні переміщення $Z_2 - Z_1 = Z_2 - Z_3 = 0,1\text{м}$;
 локальні переміщення повзуна по встановленню (зняття) деталі у затискний пристрій $Z_L = 0,1\text{м}$;
 кутові повороти руки $\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ$.

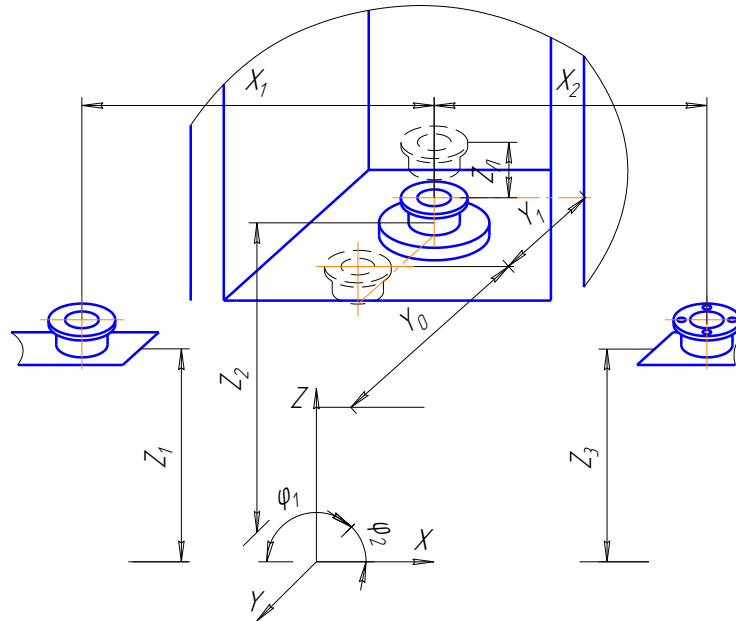


Рисунок 4.12 – Розрахунково-компонувальна схема РТК

Середні значення швидкості рухів роботів “Бриг – 10” та РФ-208 з урахуванням затримок на включення рухів: горизонтальні переміщення – $0,3\text{ м/с}$; вертикальні переміщення – $0,15\text{ м/с}$; локальні переміщення повзуна – $0,2\text{ м/с}$; обертання руки – 40 град/с .

По встановлених даних визначаємо час руху:

горизонтальний рух $t_g = 0,25/0,3 = 0,83\text{с}$; вертикальний рух $t_g = 0,1/0,15 = 0,66\text{с}$; рух повзуна $t_n = 0,1/0,2 = 0,5\text{с}$; обертання руки на 90° $t_o = 90/40 = 1,5\text{с}$.

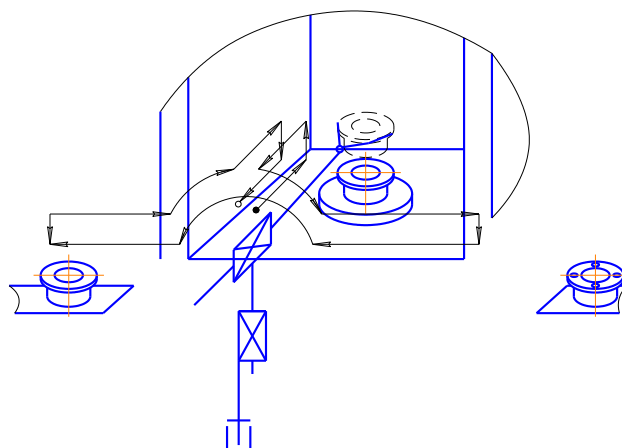


Рисунок 4.13 – Схема рухів однорукого однозахватного робота по завантаженню і розвантаженню фрезерного верстату

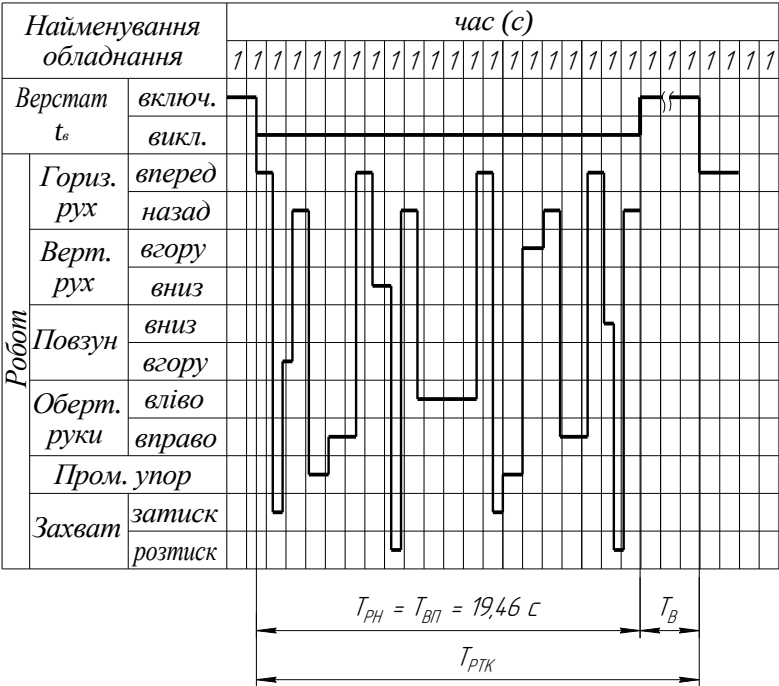


Рисунок 4.14 – Циклограма роботи фрезерного РТК з одноруким, однозахватним роботом

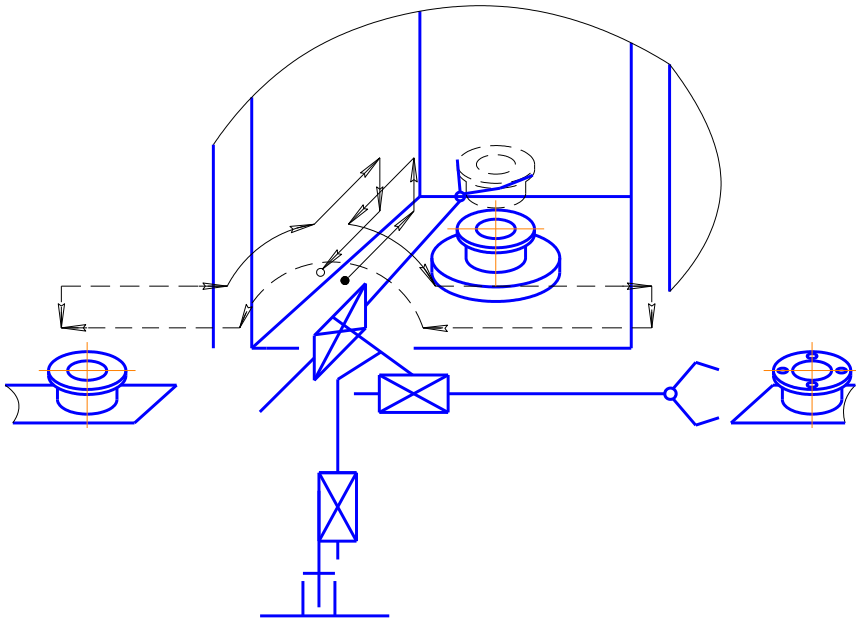


Рисунок 4.15 – Схема рухів дворукого робота по завантаженню і розвантаженню фрезерного верстату

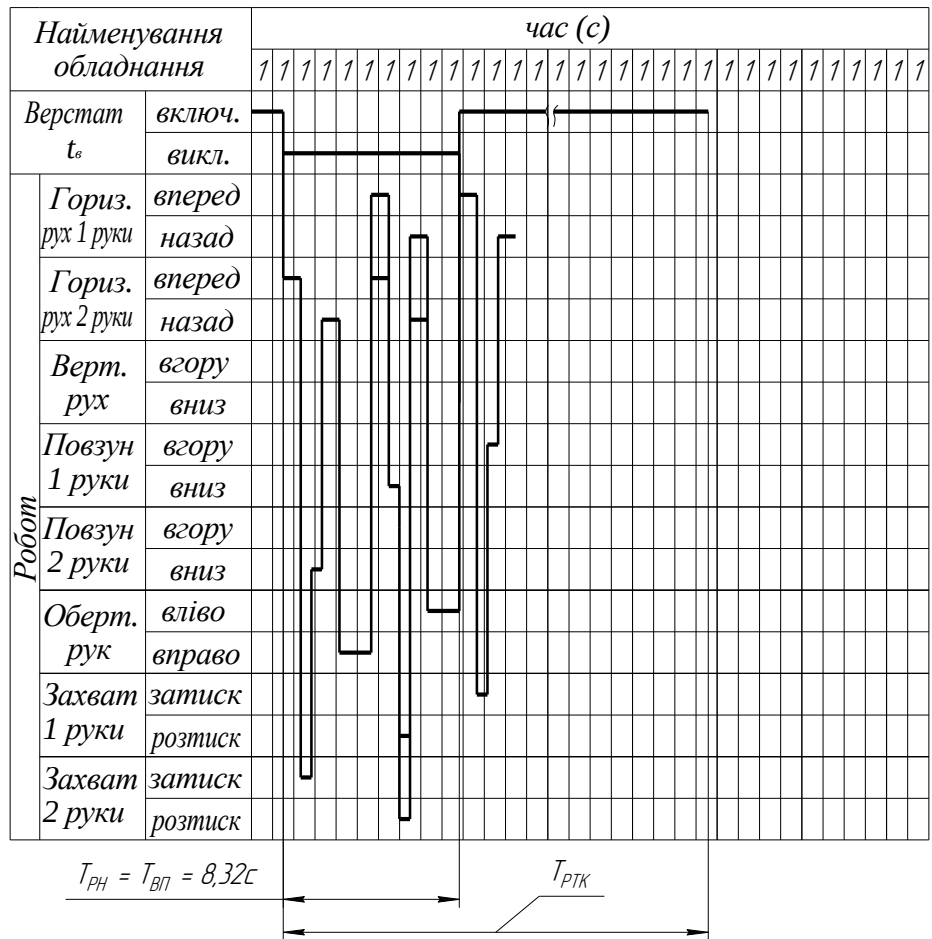


Рисунок 4.16 – Циклограма роботи фрезерного РТК з дворукиим роботом

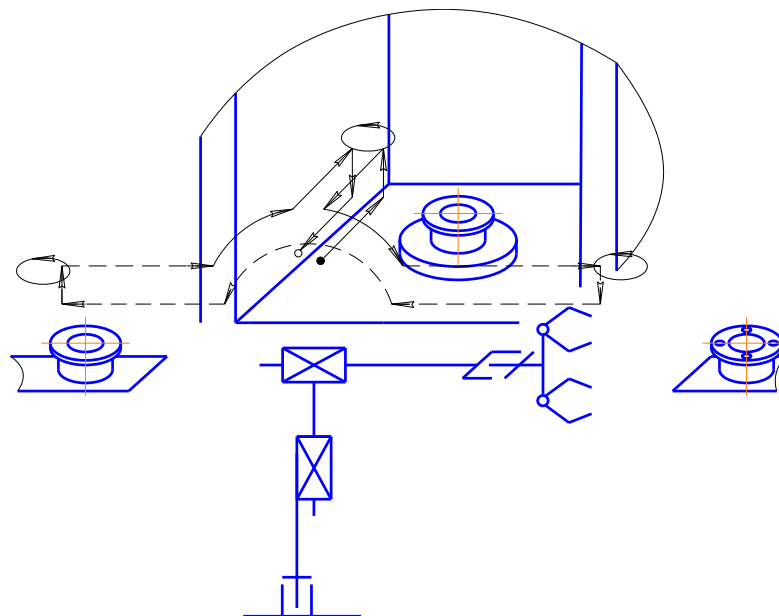


Рисунок 4.17 – Схема рухів однорукого двозахватного робота по завантаженню і розвантаженню фрезерного верстату

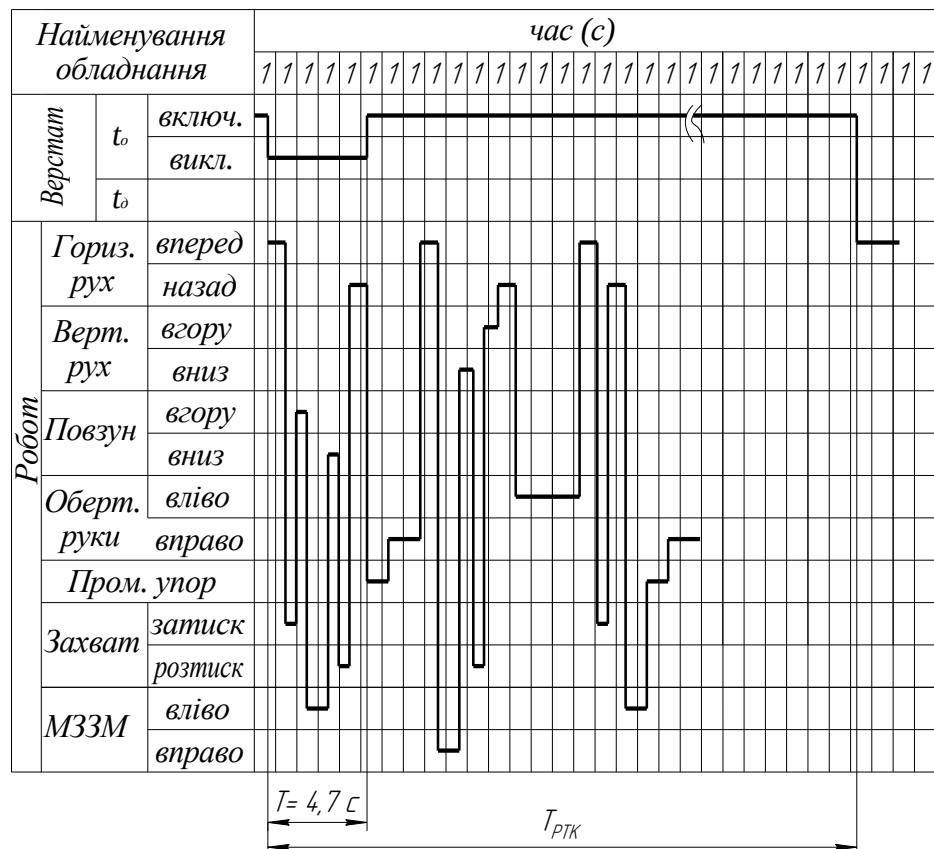


Рисунок 4.18 – Циклограма роботи фрезерного РТК з одноруким двозахватним роботом

Для РТК з двозахватним роботом схема рухів по розвантаженню та завантаженню фрезерного верстату наведена на рис. 4.17. На даній схемі, також, безперервними лініями показані рухи, які виконуються при зупиненому верстаті, а пунктирною – при працюючому. У схему промислового робота включений двозахватний пристрій, який має механізм зміни захватів місцями, що забезпечує даний рух за 1с. Враховуючи те, що всі інші геометричні і кінематичні характеристики рухів робота такі ж, як і в попередньому варіанті, на їх основі побудовано циклограму для даного РТК (рис. 4.18).

Порівнюючи дані циклограми, встановлено, що використання двозахватного пристрою, порівняно з одноруким однозахватним роботом, дозволяє скоротити час простою верстату під завантаженням і розвантаженням в 4 рази ($19.46/4.7 = 4.1$); дворукого робота порівняно з одноруким однозахватним в 2,3 рази ($19.46/8.32 = 2.34$); двозахватного робота, порівняно з дворуким в 1,7 рази ($8.32/4.7 = 1.7$).

Цей результат досягнуто за рахунок того, що при використанні двозахватних пристроїв основна частина рухів промислового робота відбувається під час

роботи верстату [21].

Отримана величина скорочення простою обладнання, так само як і в токарних РТК може змінюватися в межах 3 – 8 разів залежно від технічних характеристик використовуваних роботів та даних розрахунково-компонувальних схем РТК. Значно більшим буде простоювання ТО при збільшенні відстані між позиціями приймального і подавального пристроїв, по відношенню до робочої позиції верстату та ПР.

Тож найбільш доцільним при обробці деталі корпус гіророзподільника для виконання завантаження заготовок та зняття оброблених деталей використовувати двозахватний або дворукий промисловий робот.

4.4 Дослідження впливу часу переміщення ріжучого інструменту на продуктивність РТК

При визначенні продуктивності РТК необхідно ще враховувати час відведення інструментальної головки (t_{pi}) для утворення простору в якому відбувається процес зміни захватів місцями. Ця величина залежить від особливостей виконання двозахватного пристрою та розмірів деталей (довжини – l , діаметру – d). Час переміщення ріжучого інструменту визначається за формулою:

$$t_{pi} = \frac{H_z}{V_z} \cdot K;$$

де H_z – необхідна величина вільного простору в робочій зоні верстату, яку необхідно забезпечити відведенням ріжучого інструменту;

K – коефіцієнт, що враховує повний шлях на відведення інструменту і частину шляху на підведення інструменту. Ця величина приблизно може дорівнювати $K=1.5$;

V_z – швидкість прискореного руху супорта верстату (200 мм/с).

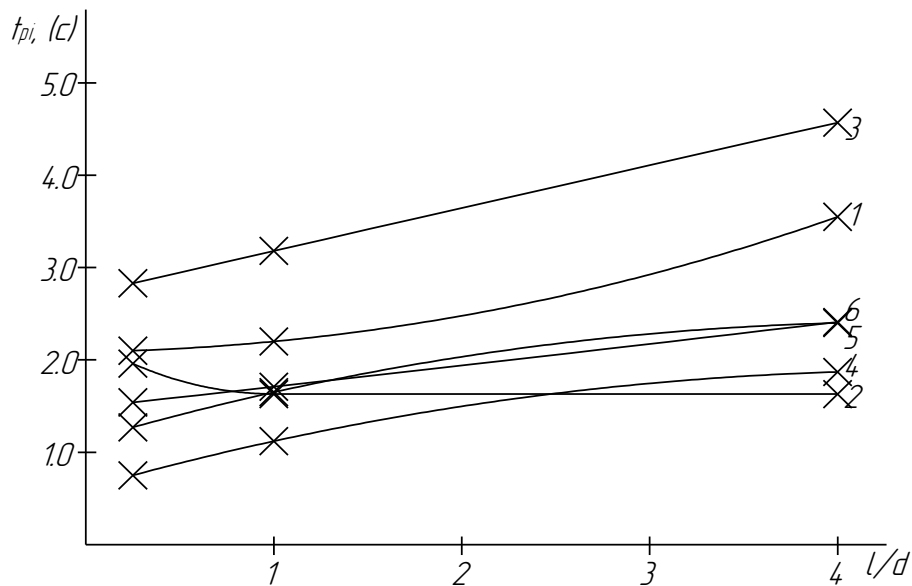


Рисунок 4.19 – Залежність часу руху інструменту від розмірів деталей

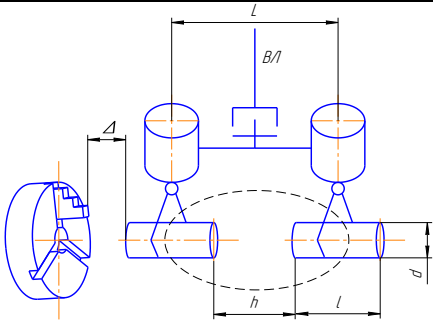
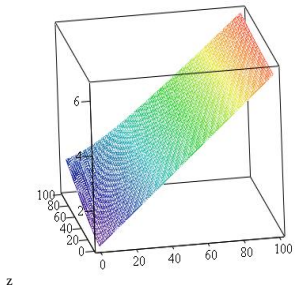
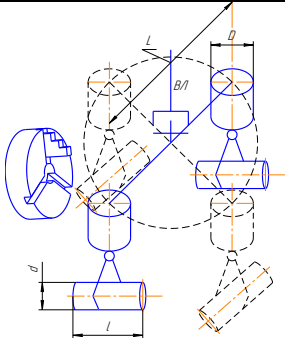
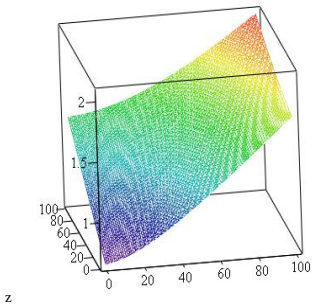
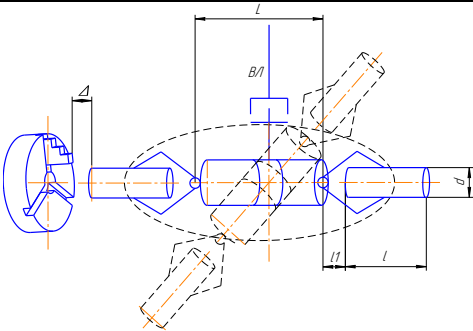
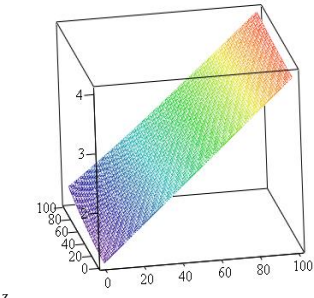
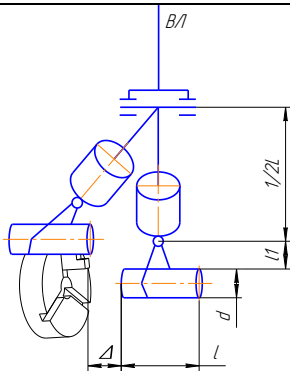
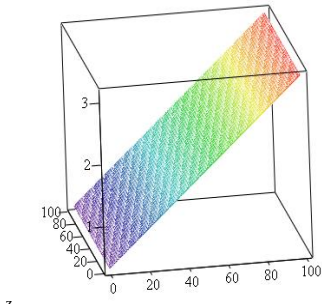
Для порівняльної оцінки визначимо час t_{pi} для типових двозахватних пристроїв (варіанти згідно табл. 4.1) та характерних розмірів деталей (l і d). Результати розрахунків узагальнено представлені на рис. 4.19. Як постійні взяті величини $h = 20$ мм, $\Delta = 50$ мм.

Отримані дані показують, що збільшення довжини деталей вимагає збільшення часу (t_{pi}) для всіх досліджуваних варіантів, окрім виконання 2. У даному випадку більший вплив на t_{pi} має діаметр. Значна інтенсивність збільшення t_{pi} від (l/d) характерна для 1 і 3-го виконань захватних пристроїв. Так для виконання 1 збільшення відношення від 0,5 до 4 вимагає збільшення витрат часу на переміщення ріжучого інструменту в $3.55/2.1=1.7$ рази, а для виконання 3 в $4.57/2.83=1.6$ рази. Дещо менша зміна часу (t_{pi}) спостерігається при використанні 4, 5 і 6-го виконань. Також необхідно враховувати можливість використання пристроїв в залежності від подібних обмежень робочої зони ТО в інших напрямках (X і Y). Наявність представлених залежностей дозволяє більш обґрунтовано вибирати схему двозахватного пристрою в залежності від розмірів транспортованих деталей та конкретних обмежень робочої зони верстату [21].

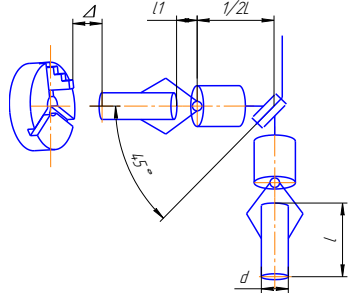
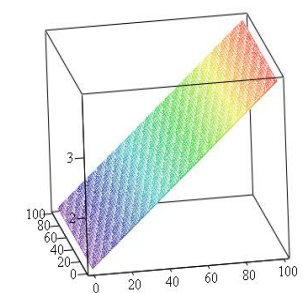
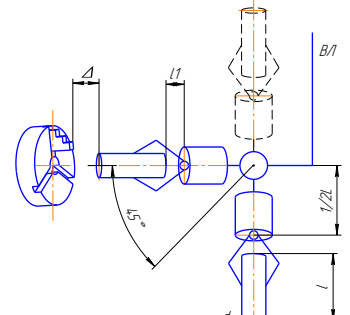
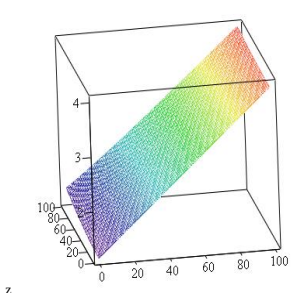
Комплексна залежність від досліджуваних параметрів наведена в таблиці 4.2. При побудові графіків для різних типів захватів використовуємо ПК і програмний продукт MathCAD. Для розрахунку введемо постійні, що будуть використані при розрахунках. Величина локального переміщення, для виведення і введення деталі

в патрон $\Delta = 50$ мм, відстань між деталями $h = 20$ мм. Діапазон зміни довжини деталі від 20 до 400 мм. Діаметр будемо змінювати в діапазоні від 10 до 200мм.

Таблиця 4.1 – Комплексна залежність часу руху інструмента від довжини та діаметру деталей, що затискаються

№ вар.	Розрахункова схема	Поверхня відгуку
1	2	3
1		
2		
3		
4		

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
5		
6		

Аналіз графіків (табл. 4.1) додатково підтверджує вищенаведені висновки згідно з рис. 4.19. Наявність таких залежностей дозволяє більш ґрунтовно представляти вплив розмірів транспортованих деталей та схем двозахватних пристроїв на величину часу простою верстату від часу відведення інструменту (t_{pi}).

4.5 Дослідження залежності продуктивності РТК від часу роботи технологічного обладнання та промислового робота

Для більшої повноти досліджень проаналізуємо залежність продуктивності РТК від часу роботи промислового робота та верстату. Зазначений аналіз проведемо за формулою:

$$Q = \frac{1}{T_B + T_P + T_{ДП}};$$

де Q – продуктивність роботи РТК; T_B – час роботи верстату; T_P – неперекриваємий час роботи ПР; $T_{ДП}$ – неперекритий час роботи допоміжних пристроїв.

Графік (рис. 4.20) побудовано при часі роботи верстату $t_{вер} = 0,1(Q1); 0,5(Q2); 1,0(Q3); 5,0(Q4)$ хв. Час роботи ПР змінювався від 0 до 1,0 хв. З графіку видно, що час роботи ПР суттєво впливає на продуктивність комплексу у випадку, коли час роботи ТО не значний, а при його збільшенні час роботи ПР має все менший вплив на продуктивність РТК в цілому [20].

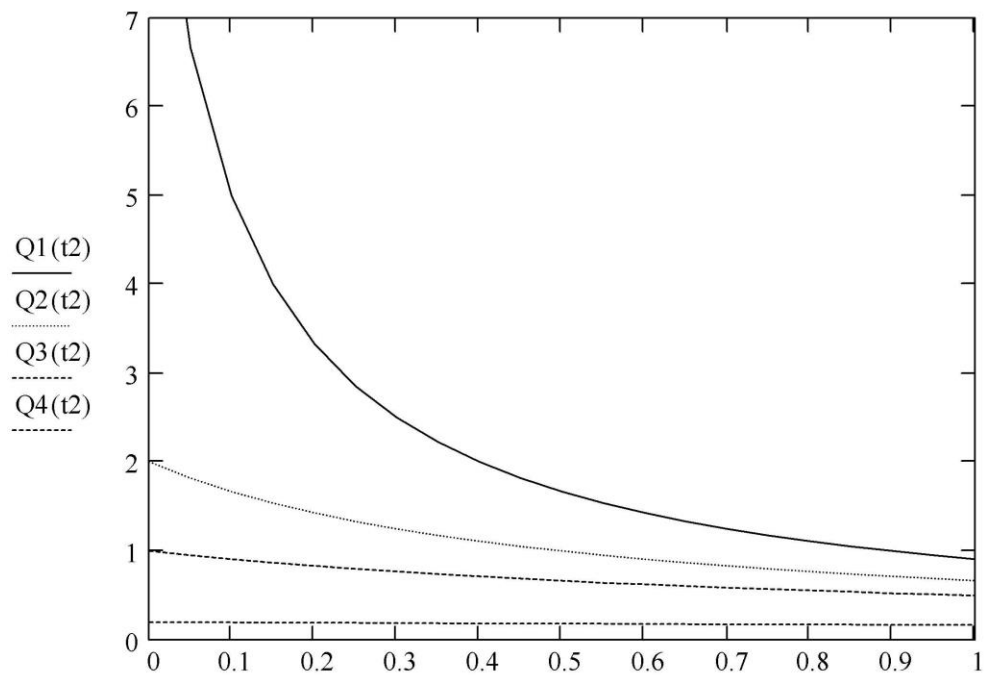


Рисунок 4.20 – Графік залежності продуктивності РТК від часу роботи технологічного обладнання та промислового робота

4.6 Висновки

1. Виконано порівняльний аналіз продуктивності РТК з різним виконанням промислових робіт. Використання двозахватного робота порівняно з одноруким однозахватним дозволяє скоротити час простою, як фрезерного так і токарного верстату під розвантаженням і завантаженням близько 4 разів, а використання двозахватного робота порівняно з дворуким в 1,65 рази. В загальному випадку, ця величина може змінюватися від 1,2 до 8 разів.

2. Досліджено вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, що пов'язаний з підведенням та відведенням ріжучого інструменту. Так, в інтервалі відношення довжини деталі до діаметру ($l / d = 0,2...4,0$) для різних схем двозахватних пристроїв простоювання змінюється в межах 1.05 – 1.7 рази.

3. Виконана загальна оцінка продуктивності РТК в залежності від часу роботи верстату та промислового робота. Визначено важливий вплив часу роботи робота, який може змінювати продуктивність РТК від 1.1 до 3 разів. В цілому, неперекритий час роботи ПР ($T_{P(B)}$) повинен бути в 3 – 5 разів менше часу роботи верстату (T_B).

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Аналіз варіантів технологічного процесу

Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованого у даній дипломній роботі варіанту технологічного процесу, необхідно зробити його економічний аналіз. Цей аналіз здійснюється шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з альтернативних варіантів (базовому і проектному):

$$C_{tex} = V \cdot N_z + P,$$

де V – змінні витрати у технологічній собівартості, величина яких змінюється пропорційно зміні обсягу випуску продукції, грн./рік.

P – постійні витрати, величина яких не змінюється або змінюється неістотно в залежності від зміни річного випуску продукції грн./рік.

Порівнюючи варіанти технологічного процесу, проаналізуємо та зіставимо лише ті статті витрат, величина яких змінюється при переході від одного варіанту до іншого.

5.1.1. Розрахунок змінних витрат

За поелементним методом розрахунку змінні витрати визначаються за формулою:

$$V = M_o + Z_{одв} + E_c + B_p + B_{мд} + B_{ін.ун} + B_{пр.ун} + B_{ам.у} + B_{ен},$$

де M_o – вартість основних матеріалів (не змінюються у порівнюваних варіантах техпроцесу, тому не розраховуються), грн.;

$Z_{одв}$ – заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з урахуванням єдиного соціального внеску, грн.;

E_c – витрати на електроенергію силову, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$B_{мд}$ – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{ін.ун}$ – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн. (однакові у порівнюваних варіантах);

$B_{ам.у}$ – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{ен}$ – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

Витрати на заробітну плату основну, додаткову з урахуванням єдиного соціального внеску:

$$Z_{одв} = C_{z(i)} \frac{t_{ум(i)}}{60} (1 + K_o) \cdot (1 + K_c),$$

де $C_{z(i)}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду i -тої операції техпроцесу, грн./год.;

$t_{ум(i)}$ - штучний час i -тої операції, хв.;

K_o , K_c – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

В базовому варіанті:

$$Z_{одв.баз} = \frac{29,148 \cdot 1,656 + 32,387 \cdot 8,511 + 36,705 \cdot 5,483}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 11,7463 \text{ г}$$

рн.

В проектному варіанті:

$$Z_{одв.пр} = \frac{29,148 \cdot 6,885 + 32,387 \cdot 7,51}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 9,9288 \text{ грн.}$$

Наступні статті витрат пов'язано з утриманням та експлуатацією обладнання. Тому, перед їх розрахунком, на основі [25, дод. Д2 та 24, с. 91] складемо таблицю характеристики обладнання, яке використовується у порівнюваних операціях базового та проектного техпроцесів (табл. 5.1).

Таблиця 6.1 – Характеристика обладнання

Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина × ширина, м	Потужність електродвигунів верстата, кВт	а-са, т	Група ремонтної складності механічної/електричної частини, УРО	площа в плані $S_{од}$, м ²	іна, тис. грн.
Базовий техпроцес						
Токарно-гвинторізний 16K20	2,50×1,19	10,0	2,8	11/12	2,98	95,0
Токарний з ЧПК Hyundai E 200	3,05×1,71	11,0	4,4	18/15	5,22	800,0
Вертикально фрезерний з ЧПК 6Т13Ф3	3,45×4,30	7,5	5,9	15/7,5	14,84	160,0
Проектний техпроцес						
Токарний з ЧПК Hyundai E 200	3,05×1,71	11,0	4,4	18/15	5,22	800,0
Вертикальний обробний центр HAAS VF-3DHE	0,51×0,41	22,4	2,8	18/15	0,21	60,0

Витрати на електроенергію силову:

$$E_c = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_{\delta}}{\eta_{\epsilon} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot C_{ел},$$

де N_{ϵ} – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи двигунів, $K_o=0,65...0,8$;

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,5...0,8 – для токарних, 0,6...0,7 – для фрезерних верстатів);

K_{δ} – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом, $K_{\delta}=0,3...0,5$;

η_{ϵ} – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі, $\eta_{\epsilon}=0,92...0,96$;

η_m – ККД електродвигунів, $\eta_m=0,86...0,9$;

$C_{ел}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії без ПДВ, грн.

$$E_{с.баз} = \frac{(10 \cdot 1,656 + 11 \cdot 5,483 + 7,5 \cdot 8,511) \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88 \cdot 60} \cdot 2,429 = 0,8144 \text{ грн.}$$

$$E_{с.пр} = \frac{(11 \cdot 6,885 + 22,4 \cdot 7,51) \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88 \cdot 60} \cdot 2,429 = 1,4176 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{T_{pc}} \cdot \frac{t_{um}}{60},$$

де W_m, W_e – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності, відповідно механічної та електричної частини обладнання, грн.;

R_m, R_e – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин обладнання, УРО;

T_{pc} – тривалість ремонтного циклу, год., розраховується за формулою:

$$T_{pc} = T_{pc.n} \cdot \beta_m \cdot \beta_{mv} \cdot \beta_n \cdot \beta_v,$$

де $T_{pc.n}$ – норматив тривалості міжремонтного циклу (для металорізального обладнання $T_{pc.n}=24000$ год.);

β – коефіцієнти, які враховують: оброблюваний матеріал ($\beta_m=0,85$ для металорізального обладнання); тип виробництва ($\beta_{mv}=1,3$ для середньосерійного виробництва); значення основного параметру ($\beta_n=1,0$ для металорізального обладнання); масу обладнання ($\beta_v=1,0$ для легких та середніх металорізальних верстатів з масою до 10 т).

$$T_{pc} = 24000 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 26520 \text{ год.}$$

$$B_{p.баз} = \frac{(490 \cdot 11 + 215 \cdot 12) \cdot 1,656 + (490 \cdot 18 + 215 \cdot 15) \cdot 5,483 + (490 \cdot 15 + 215 \cdot 7,5) \cdot 8,511}{26520 \cdot 60} = 0,0977 \text{ грн.}$$

$$B_{p.пр} = \frac{(490 \cdot 18 + 215 \cdot 15) \cdot 14,395}{26520 \cdot 60} = 0,1090 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{мд} = \frac{M_{зв} \cdot R_m \cdot t_{um}}{100 \cdot 60} \cdot K_v,$$

де $M_{зв}$ – годинні витрати на допоміжні матеріали, коп.;

K_v – коефіцієнт, який враховує тип виробництва (для серійного $K_v=1$).

$$B_{мод.баз} = \frac{28,5 \cdot (11 \cdot 1,656 + 18 \cdot 5,483 + 15 \cdot 8,511)}{100 \cdot 60} \cdot 1,0 = 1,2779 \text{ грн.}$$

$$B_{мод.пр} = \frac{28,5 \cdot 18 \cdot 14,395}{100 \cdot 60} \cdot 1,0 = 1,2308 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{ам} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{дрм} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{зн}},$$

де $\Phi_{бал}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{бал} = \Pi_{опт} \cdot K_{тмф},$$

де $\Pi_{опт}$ – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{тмф}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

H_a – норма амортизації на реновацію, %.

$$B_{ам.баз} = \frac{(95000 \cdot 1,656 + 800000 \cdot 5,483 + 160 \cdot 8,511) \cdot 1,19 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,85} = 5,6166 \text{ грн.}$$

$$B_{ам.пр} = \frac{(800000 \cdot 6,885 + 560000 \cdot 7,51) \cdot 1,19 \cdot 15}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 9,2385 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{ен} = \frac{S_{од} \cdot k_f \cdot C}{F_{дрм} \cdot \eta_{зн}} \cdot \frac{t_{ум}}{60},$$

де $S_{од}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м²;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення) [25, табл. 4].

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м² виробничого приміщення, грн.

$$B_{ен.баз} = \frac{(2,98 \cdot 3,5 \cdot 1,656 + 5,22 \cdot 3 \cdot 5,483 + 14,84 \cdot 2 \cdot 8,511) \cdot 320}{3680 \cdot 60 \cdot 0,85} = 0,6066 \text{ грн.}$$

$$B_{ен.пр} = \frac{(5,22 \cdot 3 \cdot 6,885 + 0,21 \cdot 4 \cdot 7,51) \cdot 320}{3680 \cdot 60 \cdot 0,85} = 0,1946 \text{ грн.}$$

5.1.2. Розрахунок постійних витрат

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр},$$

де $B_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{сп.осн}$ – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн. (у порівнюваних варіантах відсутнє);

$B_{ам.сп}$ – витрати на амортизацію спеціального обладнання (у порівнюваних варіантах відсутнє), грн.;

$B_{пр}$ – витрати на створення програмного забезпечення верстатів з ЧПК (вартість програмного забезпечення для G20P CNC SUPERTEC в проектному варіанті входить до його вартості).

Витрати на налагодження обладнання:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{н-з}}{60} \cdot (1 + K_{\phi}) \cdot (1 + K_c) \cdot A,$$

де $C_{гн}$ – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;

$t_{н-з}$ – підготовчо-заключний час даної операції, хв.;

A – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

$$B_{нал.баз} = \frac{36,705 \cdot 25 + 43,183 \cdot (20 + 22 \cdot 4)}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 18 = 134823,94 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = 43,182 \cdot \frac{20 + 24}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 18 = 764,94 \text{ грн.}$$

Витрати на створення програмного забезпечення:

$$B_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{год} \cdot K_{дс},$$

де $T_{пр}$ – трудомісткість підготовки програмного забезпечення, яка враховує трудомісткість розробки операційної карти техпроцесу, керуючої програми, карт налагодження інструменту, карти кодування інформації, год.;

$Z_{год}$ – середньогодинна заробітна плата інженерів з підготовки програмного забезпечення, грн./год.;

$K_{ос}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату та єдиний соціальний внесок.

$$B_{пр.баз} = 58,0 \cdot 4 \cdot 56,82 \cdot 1,342 = 17690,57 \text{ грн.}$$

Вартість програмного забезпечення для токарного верстату з ЧПК Hyundai E 200 та вертикального обробного центру HAAS VF-3DHE входить до їхньої вартості.

5.1.3. Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 5.2.

Технологічна собівартість:

$$C_{тех.баз} = 20,1595 \cdot 3000 + 19937,64 = 80416 \text{ грн.}$$

$$C_{тех.пр} = 22,1193 \cdot 3000 + 764,94 = 67123 \text{ грн.}$$

За критерієм мінімуму технологічної собівартості більш ефективним для заданої програми запуску деталей «корпус розподільника» $N_s=3000$ шт. є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

Таблиця 5.2 – Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Базовий	Проект
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	11,7463	9,9288
1.2	Електроенергія силова	0,8144	1,4176
1.3	Ремонт обладнання	0,0977	0,1090
1.4	Матеріали допоміжні	1,2779	1,2308
1.5	Амортизація універсального обладнання	5,6166	9,2385
1.6	Експлуатація приміщень	0,6066	0,1946
	Всього змінних витрат	20,1595	22,1193
2.	<u>Постійні витрати P</u>		
2.1	Налагодження обладнання	2247,07	764,94
2.2	Вартість програмного забезпечення	17690,57	-
	Всього постійних витрат	19937,64	764,94
	Технологічна собівартість річного випуску деталей C_{tex}	80416	67123

Для розмежування області ефективного використання того чи іншого варіанту технологічного процесу розрахуємо критичну програму випуску деталей $N_{кр}$, за якої варіанти, що порівнюються, будуть рівноцінними, тобто $C_{tex.баз}=C_{tex.пр}$:

$$N_{кр} = \frac{P_{пр} - P_{баз}}{V_{баз} - V_{пр}} = \frac{764,86 - 19937,64}{20,1595 - 22,1193} = 9783 \text{ шт.},$$

Співвідношення собівартості порівнюваних варіантів можливо здійснити шляхом побудови графіку зміни витрат по варіантах в залежності від зміни річного обсягу виробництва даної деталі (рис. 5.1). З графіку видно, що при програмі запуску деталі «корпус розподільника», яка не перевищує $N_{кр}=9783$ шт., в тому числі для заданої програми запуску $N_3=3000$ шт., більш ефективним є проектний варіант техпроцесу. При програмі запуску понад $N_{кр}$, ефективнішим є базовий варіант.

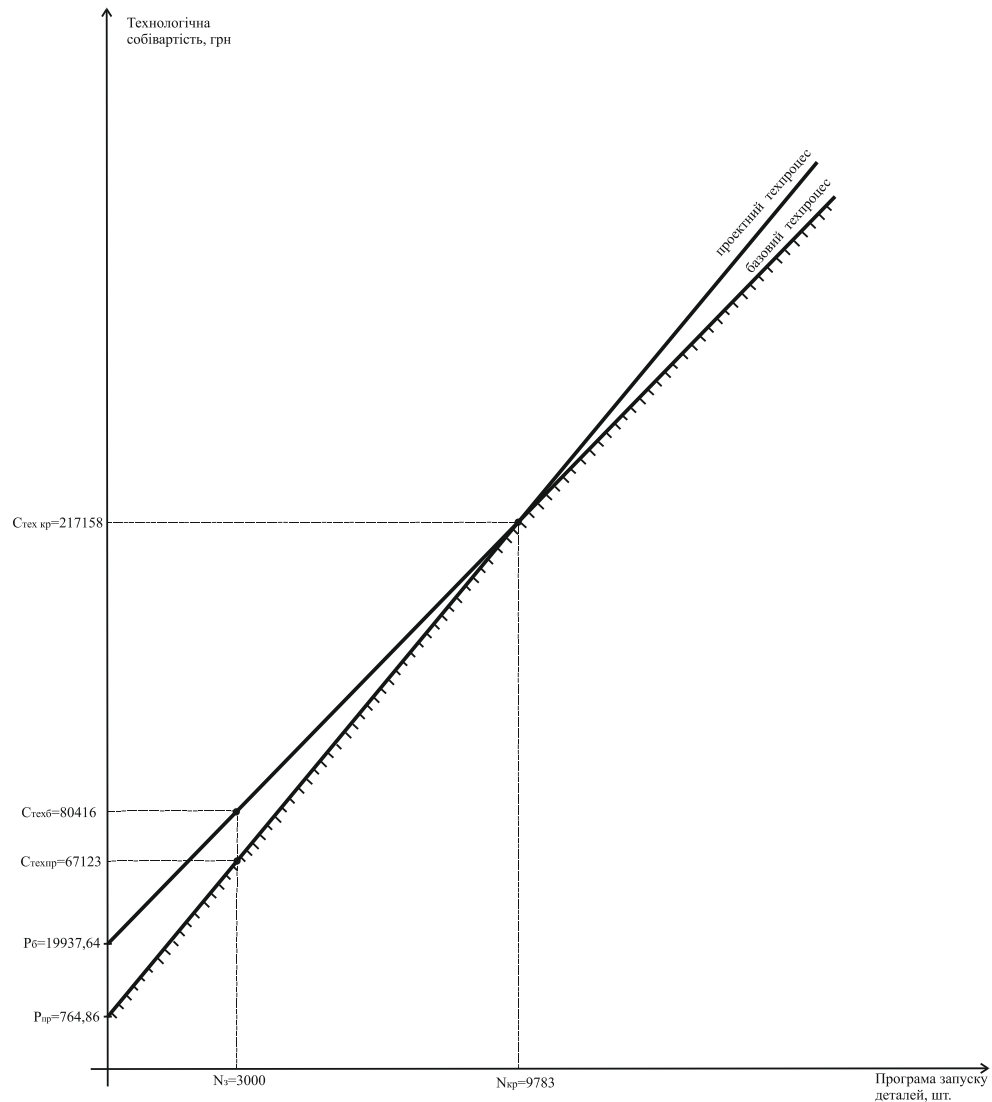


Рисунок 5.1 – Графічне зображення розмежування області ефективного використання варіантів техпроцесу механічної обробки деталі

5.1.4. Розрахунок показників економічної ефективності проектного варіанту технологічного процесу

Річний економічний ефект від застосування обраного варіанту технологічного процесу:

$$E_p = (C_{\text{тех.баз}} + E_n \cdot K_{\text{баз}}) - (C_{\text{тех.пр}} + E_n \cdot K_{\text{пр}}),$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{\text{баз}}, K_{\text{пр}}$ – відповідно капітальні вкладення базового і проектного варіантів

техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання $\Phi_{бал}$, оснащення $B_{осн}$, а також у приміщення, яке це обладнання займає $K_{бюд}$, скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих деталей-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

$$K = (\Phi_{бал} + B_{осн} + K_{бюд}) \cdot \eta_{з_1},$$

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{бюд} = S_{од} \cdot K_f \cdot q_{np} \cdot h \cdot Ц_{бюд},$$

де h - висота приміщення цеху, м;

$Ц_{бюд}$ – ціна 1м² виробничої площі висотою 8-10 м, грн./м³.

$$K_{бюд.баз} = (2,98 \cdot 3,5 + 5,22 \cdot 3 + 14,84 \cdot 2 \cdot 4) \cdot 8 \cdot 4000 = 4633920 \text{ грн.}$$

$$K_{бюд.нр} = (5,22 \cdot 3 + 0,21 \cdot 4) \cdot 8 \cdot 4000 = 528000 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання:

$$\Phi_{бал.баз} = (95000 + 800000 + 160000 \cdot 4) \cdot 1,19 = 1826650 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{бал.нр} = (800000 + 560000) \cdot 1,19 = 1618400 \text{ грн.}$$

$$K_{баз} = (4633920 + 1826650) \cdot 0,035 = 226120 \text{ грн.}$$

$$K_{нр} = (528000 + 1618400) \cdot 0,095 = 203908 \text{ грн.}$$

$$E_p = (80416 + 0,16 \cdot 226120) - (67123 + 0,16 \cdot 203908) = 16850 \text{ грн.}$$

При впровадженні нового технологічного процесу додаткові капітальні вкладення – відсутні.

Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках) розраховуємо за формулою:

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ум(i)}^{баз}}{\sum_{i=1}^m t_{ум(i)}^{нр}} \cdot 100 - 100 = \frac{15,65}{14,395} \cdot 100 - 100 = 8,7\%,$$

5.2. Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталі визначається як сума калькуляційних статей витрат:

$$C_{цех} = M_o + Z_{од} + B_c + B_{ин} + B_o + B_{ц},$$

де M_o - вартість основних матеріалів, грн.; $Z_{од}$ - основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.; B_c - відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.; $B_{ин}$ - витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.; B_o - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.; $B_{ц}$ - цехові витрати, грн.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot Ц_m \cdot K_{тр} - a_v \cdot Ц_v,$$

де a_p - норма витрат матеріалу на деталь (сталі 18ХГТ), кг.; $Ц_m$ - ціна матеріалу, грн./кг.; $K_{тр}$ - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати на зберігання матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08); a_v - маса відходів, кг.; $Ц_v$ - ціна відходів, грн./кг.

$$M_o = 6,10 \cdot 58,0 \cdot 1,05 - 1,72 \cdot 8,70 = 356,526 \text{ грн.}$$

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{од} = P_{\epsilon} (1 + K_o),$$

де P_{ϵ} - відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок $P_{on(i)}$:

$$P_{\epsilon} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{год_i}^{\epsilon} \cdot t_{um-\kappa_i}}{60},$$

де $e_{год_i}^{\epsilon}$ - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{um-\kappa_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.:

На операції 005 техпроцесу:

$$P_{on_1} = 29,148 \cdot \frac{6,885}{60} = 3,3933 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок відрядної розцінки на деталь

п.	Найменування операції	$t_{\text{шт-к}}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
005	Токарна з ЧПК	6,985	3	29,148	3,3933
010	Токарна з ЧПК	1,458	4	32,387	0,7870
015	Фрезерна з ЧПК	6,962	4	32,387	3,7580
020	Комплексна з ЧПК	7,610	4	32,387	4,1078
	Всього	23,015	—	—	12,0461

$$З_{od} = 12,0461 \cdot (1 + 0,1) = 13,2507 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = 13,2507 \cdot \frac{22}{100} = 2,9152 \text{ грн.,}$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 10-15 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).

$$B_{ocn} = 15 \cdot \frac{22,515}{60} = 5,6288 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = З_o \cdot \frac{П_{60}}{100} = 12,0461 \cdot \frac{320}{100} = 38,5475 \text{ грн.,}$$

де $П_{60}$ - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

$З_o$ - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{\text{ц}} = Z_o \cdot \frac{P_{\text{ц}}}{100} = 12,0461 \cdot \frac{240}{100} = 28,9106 \text{ грн.},$$

де $P_{\text{ц}}$ – процент цехових витрат.

Калькуляцію цехової собівартості деталі слід звести до табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	356,5260
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	12,0461
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,2046
4.	Відрахування у соціальні фонди	2,9151
5.	Експлуатація спеціального оснащення	5,6288
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	38,5475
7.	Цехові витрати	28,9106
8.	Всього цехова собівартість $C_{\text{ц}}$	445,7787

5.3. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Крім показників, розрахованих у попередніх розділах дипломної роботи, слід додатково визначити такі:

- виробіток продукції на одного робітника:

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{14360}{8} = 1795 \text{ нормо-год./ос.},$$

де T_p – трудомісткість річної виробничої програми дільниці, нормо-год.;

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб;

- зарплатомісткість продукції:

$$Z_{\text{зн}} = \frac{Z_{\text{од}}}{C_{\text{ц}}} \cdot 100 = \frac{13,251}{445,779} \cdot 100 = 3,0\%,$$

де $Z_{\text{од}}$ – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{\text{ц}}$ - цехова собівартість деталі, грн.

- матеріаломісткість продукції:

$$Z_{mn} = \frac{M_o}{C_{\text{ц}}} \cdot 100 = \frac{356,526}{445,779} \cdot 100 = 80,0\%,$$

де M_o – матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів у собівартості деталі, грн.

- собівартість товарної продукції цеху:

$$C_{mn} = C_{\text{ц}} \cdot N_z \cdot K_{\text{дов}}$$

де N_z - річна програма запуску деталей, шт./рік.

$$C_{mn} = 445,779 \cdot 3000 \cdot 10,63 = 14215900 \text{ грн.}$$

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху слід звести до табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_z)	шт./рік	3000
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год.	14360
3.	Цехова собівартість деталі	грн.	445,48
4.	Собівартість товарної продукції цеху (C_{mn})	тис. грн./рік	14215,9
5.	Чисельність основних робітників	осіб	8
6.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год.	1795
7.	Матеріаломісткість продукції	%	80,0
8.	Зарплатомісткість продукції	%	3,0
9.	Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	8,7
10.	Річний економічний ефект від застосування проектного варіанту техпроцесу E_p	грн.	46850

ВИСНОВКИ

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

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

3. Виконано порівняльний аналіз продуктивності РТК з різним виконанням промислових робіт. Використання двозахватного робота порівняно з одноруким однозахватним дозволяє скоротити час простою, як фрезерного так і токарного верстату під розвантаженням і завантаженням близько 4 разів, а використання двозахватного робота порівняно з дворуким в 1,65 рази. В загальному випадку, ця величина може змінюватися від 1,2 до 8 разів.

4. Досліджено вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, що пов'язаний з підведенням та відведенням ріжучого інструменту. Так, в інтервалі відношення довжини деталі до діаметру ($l / d = 0,2...4,0$) для різних схем двозахватних пристроїв простоювання змінюється в межах 1.05 – 1.7 рази.

5. Виконана загальна оцінка продуктивності РТК в залежності від часу роботи верстату та промислового робота. Визначено важливий вплив часу роботи робота, який може змінювати продуктивність РТК від 1.1 до 3 разів. В цілому, неперекритий час роботи ПР ($T_{P(B)}$) повинен бути в 3 – 5 разів менше часу роботи верстату (T_B).

6. Усі прийняті у кваліфікаційній роботі технічні та технологічні рішення обґрунтовані техніко-економічними розрахунками. Річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології становить 46850 грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Мн.:Выш. Школа, 1983.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В.М. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс.-3-е изд. Переработанное и дополненное-М.: Машиностроение, 1980.
3. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/П.А. Руденко-К.: Выща школа, 1991.
4. Методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 0501-Кировоград. КИСХМ-1986.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т1.,2-М.: Машиностроение, 1982.
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-М.: Издательство стандартов, 1992.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках.-М.: Машиностроение, 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II-Москва.: Экономика, 1990.
9. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Под редакцией Б.Н. Вардашкина, -М.: Машиностроение, 1984.
10. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1990.
11. А.К. Кутай. Справочник контрольного мастера.-Л.: Лениздат, 1980.
12. Справочник технолога-машиностроителя. /Под редакцией А.Г. Косиловой.- М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1956.
13. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 374с.
14. Справочник по промышленной робототехнике. / Под ред. Ш. Нофа – М.: Машиностроение, 1989.

15. Справочник металлиста. Т.3. Под редакцией А.Н.Малова/Е.Д. Баклунов, А.К. Белопухов и др. –М.: Машиностроение, 1977.
16. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей. /Под ред. Соломенцева Ю.М. - М.: Машиностроение, 1987 - 140с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Н. Малова/ В.Н. Гриднев, В.В. Достачов и др. –М.: Машиностроение, 1972.
18. Механика промышленных роботов. В 3-х к. /Под ред. Фролова К.Ф., Воробьева Е.И. – М.: Высшая школа, 1988.
19. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420.
20. Павленко І.І. Промислові роботи та РТК. Монографія – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2016. – 492с.
- 21.Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392с.
- 22.Маталин А.А., Френкель Б.И. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числом программным управлением. – Л., Изд-во Ленингр.универс., 1977.
23. Ординарцев А.А. Справочник инструменталиста. – М.: Машиностроение
24. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник. /Под ред. Великанова К.М.-Л.: Машиностроение. Ленинградское отд., 1989.
25. Економічні та організаційно-планові розрахунки при проектуванні цеху механічної обробки. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування». /Укл. Журило І.В., Романюк Л.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017 – 25 с.
26. Ткачук К.Н., Зацарний В.В. Сабарно Р.В. та ін. Охорона праці та промислова безпека : Навч. посіб. – К.: Лібра, 2010. – 268 с.
27. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337.