

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММР
к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА
«_____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення вузла підшипникового
правого**

**Development of technology for manufacturing the right
bearing assembly»**

Виконав здобувач вищої освіти 3мб
курсу групи ГМ-23мб-3
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Максим КРАСНЮК

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент: к.т.н., доцент

_____ Руслан ОСІН

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма	Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
Максима КРАСНЮКА**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології виготовлення вузла підшипникового правого
2. Керівник роботи: к.т.н., доц., Олександр Скібінський
3. Строк подання роботи до захисту « » _____ 2026 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є: розробка технологічного процесу механічної обробки вузла підшипникового правого на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації.

Завдання:

- виконати аналіз точності та технологічності;
- виконати аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки;
- проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявити його переваги та недоліки, розробити раціоналізований технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу;
- спроектувати заготовку та схеми механічної обробки, пристрій затискний.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Загальна частина	Олександр СКІБІНСЬКИЙ		
Технологічна частина	Олександр СКІБІНСЬКИЙ		
Конструкторська частина	Олександр СКІБІНСЬКИЙ		

№ п/ п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	Загальна частина	Травень 2026	вик.
2	Технологічна частина	Квітень 2026	вик.
3	Конструкторська частина	Квітень 2026	вик.
4	Графічна частина та оформлення	Червень 2026	вик.

Здобувач
вищої освіти _____ Максим КРАСНЮК
(підпис)

[illegible]

Анотація

Максим КРАСНЮК. Розробка технології виготовлення вузла підшипникового правого. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр»: спец. 133 Галузеве машинобудування / наук. кер. О. І. Скібінський; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 54 с.

Мета роботи полягає в оптимізації існуючої базової технології механічної обробки правого підшипникового вузла для створення більш ефективного технологічного процесу.

Основні результати роботи: Здійснено детальний опис функціонального призначення вузла та його складових, проведено оцінку їхньої технологічності й точності. Досліджено матеріал деталі та обґрунтовано метод отримання заготовки. На основі критичного аналізу типового техпроцесу виявлено його сильні та слабкі сторони, після чого спроектовано оптимізований маршрут обробки. Підібрано сучасне металорізальне обладнання, необхідне технологічне оснащення (вимірювальне, допоміжне, затискне). Виконано розрахунки операційних припусків, параметрів різання та норм часу; розроблено креслення заготовки й маршрутно-операційні ескізи. Окремо спроектовано та виконано розрахунки спеціального затискного пристрою.

Актуальність теми зумовлена необхідністю зниження виробничих витрат та підвищення продуктивності праці. Це досягається завдяки модернізації технології виготовлення та автоматизації робочих процесів із залученням сучасного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Практична цінність: Створено готовий до впровадження раціоналізований технологічний процес обробки вузла підшипникового правого, а також спроектовано оригінальну конструкцію затискного пристрою з відповідним інженерним обґрунтуванням.

Ключові слова: технологія обробки, правий підшипниковий вузол, обладнання з ЧПК, оптимізація виробництва.

Annotation

Maksym KRASNIUK. Development of technology for manufacturing the right bearing assembly. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 133 Industrial mechanical engineering / Scientific supervisor O. I. Skibinskyi: Central Ukrainian national technical university. – Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 54 p.

The purpose of the work is: to develop a technological process for machining a right-hand bearing assembly based on the basic technological process by rationalizing it.

The work includes: a description of the assembly and the part and their purpose, an analysis of accuracy and manufacturability; an analysis of the material of the part and the method of manufacturing the workpiece; an analysis of the basic technological process for manufacturing the part, its advantages and disadvantages are determined, a rationalized technological process is developed, metal-cutting machines, clamping, auxiliary and control devices are selected, allowances, cutting modes and time standards are calculated; the workpiece and machining schemes are designed. A clamping device is developed and calculated.

Relevance of the work: increasing productivity and reducing the cost of manufacturing the part by improving the technological process and automating production by using modern machine tools with numerical program control (CNC).

Practical significance: A ready-to-implement streamlined technological process for machining the right bearing assembly has been created, and an original design of the clamping device with appropriate engineering justification has been designed.

Keywords: technological process, right bearing assembly, CNC machine tool, improvement.

Зміст

Вступ.....	8
1 Загальна частина.....	9
1.1 Характеристика вузла та деталі.....	9
1.2 Визначення типу виробництва.....	12
2 Технологічна частина.....	14
2.1 Аналіз точності та технологічності деталі.....	14
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу.....	17
2.3 Вибір заготовки та способу її виготовлення	18
2.4 Вибір методів обробки поверхонь.....	20
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі.....	22
2.6 Вибір технологічних баз.....	23
2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення.....	24
2.8 Вибір затискних пристроїв.....	33
2.9 Вибір ріжучих інструментів.....	34
2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	34
2.11 Визначення припусків та операційних розмірів.....	36
2.12 Визначення режимів різання.....	39
2.13 Технічне нормування операцій.....	42
3 Конструкторська частина.....	44
3.1 Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою.....	44
Висновки.....	51
Список використаних джерел.....	52

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.	Краснюк				Пояснювальна записка					Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перевір.	Скібінський											7	54	
Н.контр.														
Затвер.	Гречка													
					ЦНТУ									
					гр. ГМ-23мб-3									

Вступ

Рівень ефективності машинобудівного підприємства, темпи технічного розвитку та кінцева якість виробів безпосередньо зумовлені впровадженням новітнього устаткування, передових технологій обробки поверхонь, а також інноваційних інструментальних систем. Важливу роль відіграє техніко-економічне обґрунтування, яке гарантує рентабельність та доцільність обраних інженерних рішень.

Актуальні маршрути механічної обробки мають не лише суворо забезпечувати конструкторські вимоги до деталі, але й відзначатися високою економічною вигодою, продуктивністю та адаптивністю до змінних умов. Впровадження обладнання з числовим програмним керуванням сприяє мінімізації необхідного верстатного парку та оптимізації штату працівників. Водночас раціональне планування робочих процесів є запорукою зростання обсягів випуску при одночасному зниженні фінансових витрат.

У межах даної кваліфікаційної роботи передбачено глибокий аудит існуючої (базової) технології виготовлення деталі. Завданням дослідження є проєктування нового, гнучкого технологічного процесу, який дозволить оптимізувати кількість залученого обладнання та виробничого персоналу. Кінцева мета полягає у мінімізації собівартості продукції за умови стовідсоткового збереження високих показників її точності та якості.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталі

Шестеренний насос GP20N-4 є об'ємною роторною машиною, призначеною для подачі робочої рідини в гідравлічних системах сільськогосподарських і промислових машин. Насос характеризується простою конструкцією, невеликою кількістю рухомих деталей, компактними розмірами та малою масою.

Робоча рідина в насосі шестеренному (рис. 1.1) нагнітається при обертанні шестерні ведучої 4 та шестерні веденої 9. Обидві шестерні встановлюються у вузли підшипникові правий 1 та лівий 2, які виконують роль підшипників ковзання і розташовуються в розточках корпусу 5. 3-подібні манжети 10 підтискають вузли підшипникові 1 і 2 до торців шестерень. Кришка передня 7 та кришка задня 8 служать для надійної герметизації вузла по всім з'єднанням. Ущільнення валу забезпечують манжета 23 із кільцем пружинним упорним 15. Кришки з корпусом ущільнюються гумовими кільцями 22. Кришки базуються на корпусі штифтами 13 і кріпляться до нього болтами 20.

Добре збалансована конструкція насосів серії «N» забезпечує високий механічний та об'ємний (до 94...98%) ККД. Високоміцний корпус із алюмінієвого прокату забезпечує міцність всієї конструкції та енергонасиченість, гарантує надійну роботу насосів в гідросистемах із тиском до 25 МПа, а також забезпечує розсіювання тепла, що накопичується під час роботи конструкції.

Насоси серії «N» мають ресурс роботи від 1,5 до 2 млн. циклів.

Високоміцний корпус із алюмінієвого прокату гарантує надійну роботу при високих тисках. Розміщення та форма різьбових і фланцевих отворів під гідро лінії задовольняють різним вимогам ринку.

Цільна конструкція «вал-шестерня» забезпечує міцність і точність вузла. Кожна шестерня виготовляється із загартованої сталі та оброблюється максимально точно. Зубчасте зачеплення має оптимальну кількість зубців та їх модуль. Під час обкатки та випробувань насоса шестеренного кромки зубців шестерень притираються з корпусом, що зводить до мінімуму внутрішні витікання робочої рідини, чим забезпечується високий коефіцієнт подачі.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

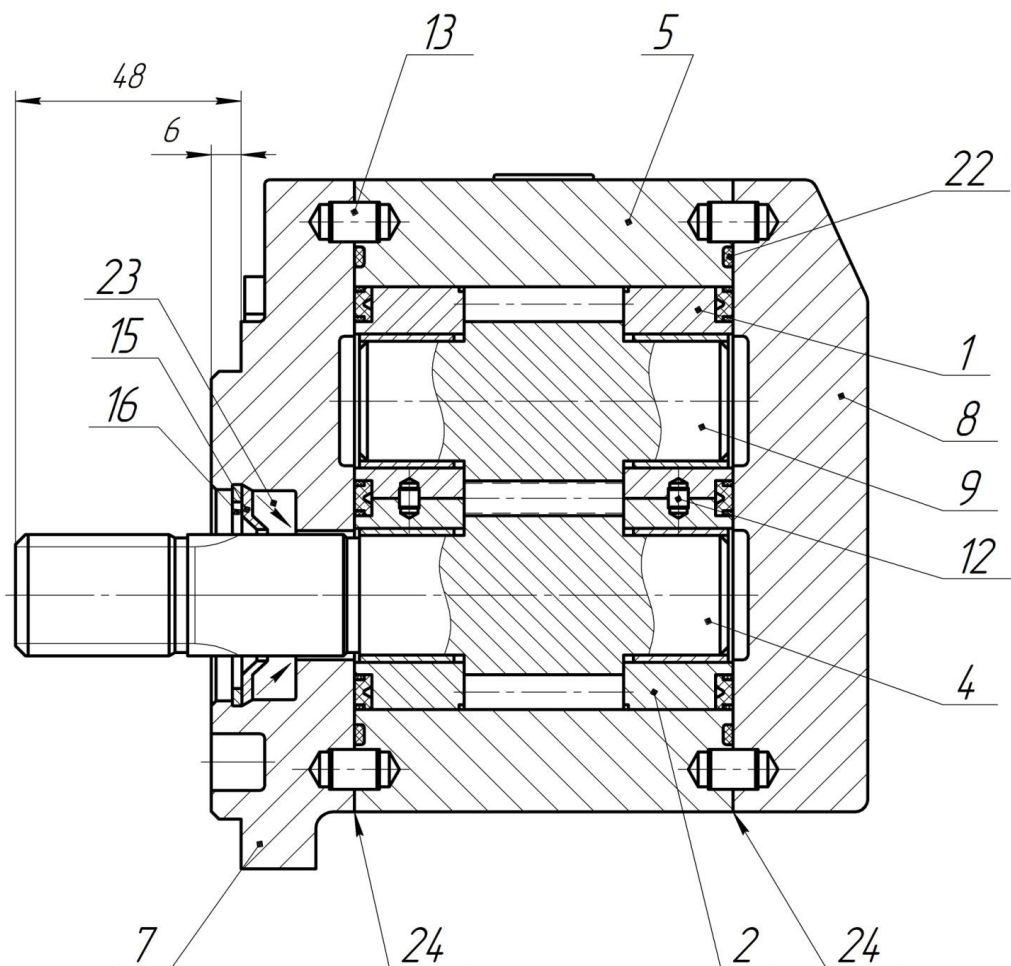


Рис. 1.1 Схема насосу шестеренного GP20N-4

Необхідне притискання підшипникових вузлів до торцевих поверхонь шестерень забезпечується робочою камерою, яка сформована двома Z-подібними манжетами та захищена спеціальними пластинами. Така конструкція дає змогу автоматично регулювати величину притискного зусилля залежно від навантаження та дії відтискних сил, що виникають у процесі роботи механізму.

Застосування в якості опор шестерень і торцевих замикачів чотирьох вузлів підшипникових у вигляді втулок із антифрикційного алюмінієвого сплаву забезпечує тривалий термін служби насоса. Для збільшення ресурсу роботи насоса, особливо у випадку умов недостатнього змащування, у вузол підшипниковий запресовуються метало фторопластові втулки.

Сила притискання вузлів підшипникових до торців шестерень мінімальна і точно контролюється по площині притискання та прямо пропорційна тиску на виході із насоса. На торцевій (ущільнюючій) поверхні втулок вузлів підшипникових виконано вибірки та канали для розвантаження защемленого об'єму, торцевих витікань і стабілізації тиску в робочій камері насоса.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижче наведена технічна характеристика насосу GP20N-4:

Робочий об'єм, см ³ /об.....	32±3%
Тиск нагнітання, МПа (кгс/см ²)	
- номінальний.....	20(200)
- максимальний	28(280)
Частота обертів, об/хв.	
- мінімальна	500
- номінальна	2200
- максимальна	3600
ККД.....	95
Маса (без приєднувальної арматури), кг	5,0
Габаритні розміри, мм	134×140×174,45

Принцип дії насоса полягає в тому, що під час обертання приводного вала у всмоктувальній порожнині створюється розрідження. Унаслідок цього робоча рідина надходить із резервуара та заповнює міжзубцеві порожнини шестерень, забезпечуючи подальший процес її транспортування через насос. Таким чином вона переноситься по периферії зубцями в зону високого тиску, утворюючи високий тиск в напірній лінії гідросистеми. Робоча рідина також виконує функції змащування та охолодження деталей насоса. Термін роботи шестеренного насоса залежить від якості (в'язкості, чистоти) робочої рідини, що використовується, так як шестеренні насоси мають підшипники ковзання, працездатність яких визначається умовами змащення.

Вузол підшипниковий правий складається із двох частин: втулки правої І та підшипника ІІ.

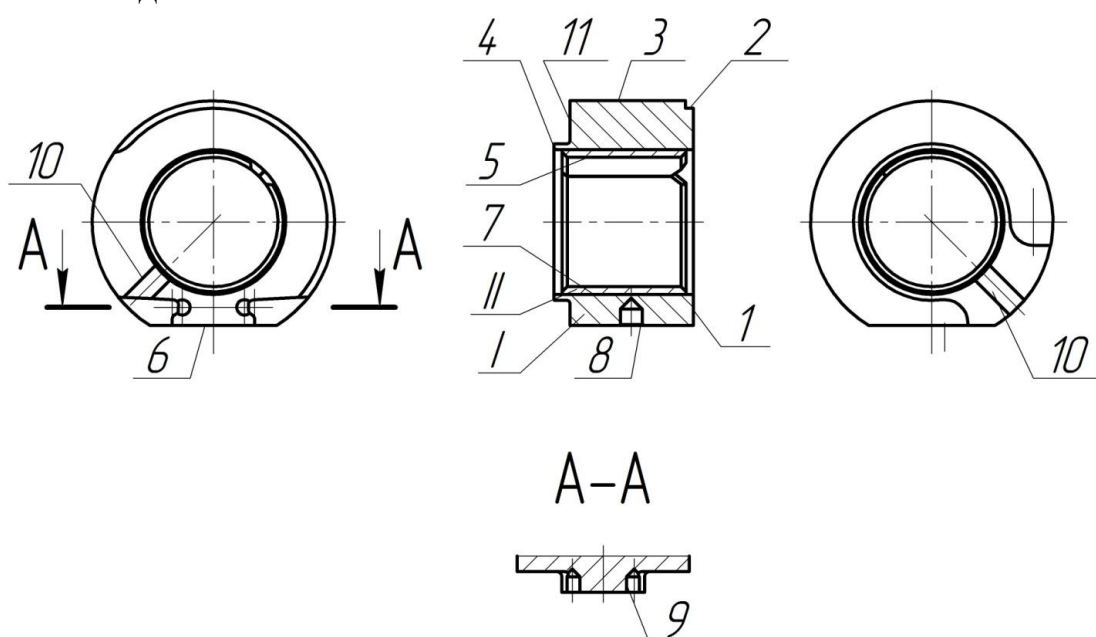


Рис. 1.2 Ескіз вузла підшипникового правого

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вузол підшипниковий правий використовується в якості опор шестерень і торцевих замикачів. Разом із шестернею вузол підшипниковий виконує роль качаючого вузла. Виготовляється із антифрикційного алюмінієвого сплаву, що забезпечує тривалий термін служби. Запресовані втулки із метало фторопласту (підшипники) використовуються для збільшення ресурсу роботи насоса, особливо при наявності умов недостатнього змащування.

Основними складальними базами вузла підшипникового правого являються торцева поверхня 1 і внутрішня циліндрична поверхня 5, які орієнтують розташування вузла на валу-шестерні; площа 6 дотикається до такого ж вузла підшипникового, який розміщений на веденій шестерні, тим самим орієнтує потрібне положення своє на валу-шестерні. Зовнішня циліндрична поверхня 3 та лиска 2 забезпечують правильне положення всього вузла в корпусі насоса.

Виконавчими поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня 3 та площа 6, які виконують завдання, що покладені на деталь.

1.2 Визначення типу виробництва

Під час технологічного проєктування тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}$$

де: О – кількість різних операцій, що виконуються відповідно до базового технологічного процесу за встановлений календарний період; Р – кількість робочих місць, необхідних для виконання операцій базового технологічного процесу за заданої програми випуску деталей.

Для вирішення поставленої задачі на ПК було розроблено програму ТИР. Нижче представлений документ, який сформований програмою.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок типу виробництва

Вузол підшипниковий правий

Вихідні дані

Програма випуску 12500

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	6210	1.8050
10	6210	2.7000
15	6210	1.2300
20	6210	0.5130
25	6210	0.5170
30	6210	0.5520
35	6210	3.9300
40	6210	2.3320
45	6210	1.2900
50	6210	0.7840

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.0757	1	10.57
10	0.1132	1	7.07
15	0.0516	1	15.51
20	0.0215	1	37.19
25	0.0217	1	36.90
30	0.0231	1	34.56
35	0.1648	1	4.85
40	0.0978	1	8.18
45	0.0541	1	14.79
50	0.0329	1	24.33

Коефіцієнт закріплення операцій 19.39479

Тип виробництва - середньосерійний

Проведені розрахунки засвідчили, що дане виробництво належить до середньосерійного типу.

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури виробів партіями, які періодично повторюються через певні проміжки часу. Залежно від розміру партій розрізняють дрібносерійне, середньосерійне та великосерійне виробництво. Для серійного виробництва характерна спеціалізація робочих місць на виконанні кількох однотипних технологічних операцій. Поряд з універсальним обладнанням і технологічною оснасткою застосовується спеціалізоване оснащення, широко використовується праця робітників середньої кваліфікації, забезпечується ефективне використання обладнання та виробничих площ, а також зниження витрат на оплату праці порівняно з одиничним виробництвом.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталі

Деталь вузол підшипниковий правий_(рис. 1.2) належить до класу «втулки». Виготовляється із сплаву А03-7 по ТУ 23.5786 106.38-87. Має нескладну конфігурацію зовнішнього контуру та внутрішній поверхні, тому не виникає значних проблем при отриманні заготовки, яка отримується литтям. Деталь має правильну геометричну форму. Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку із мінімальними допусками. На поверхнях, які сполучаються з іншими деталями є фаски, які полегшують процес складання. Є вільний доступ до поверхонь, що обробляються. Є достатні по розмірам і по відстаням базові поверхні.

У цілому деталь «Вузол підшипниковий правий» є технологічною. Поверхні, що підлягають обробці, за вимогами до точності та шорсткості не створюють суттєвих технологічних складнощів. Їх обробку можна виконувати за один прохід із застосуванням високопродуктивного різального інструменту та ефективних режимів різання. Деталь має зручні базові поверхні для виконання початкових операцій і відзначається відносно простою конструкцією.

Нетехнологічним в цій деталі є те, що вона є збірною. Запресування метало фторопластового підшипника у втулку використовується для економії металу, для покращення експлуатаційних властивостей конструкції, але сама операція запресування є нетехнологічною.

Також нетехнологічними є деякі конструктивні елементи. Такі, як 2 канавки під кутом 45° шириною 4 мм, які потім не обробляються, площина, отвір $\varnothing 4,2$ мм, свердлити який потрібно в площині, яка перед цим фрезерується. Отвір глухий, що унеможлиблює легкий контроль обробки та слідування за розмірами. Для цього необхідні додаткові пристосування.

Перераховані елементи хоча і є нетехнологічними, але необхідні для надійної та коректної роботи підшипникового вузла в пристрої.

Вказані допуски в своїй більшості не є стандартними. Вони є приблизними до стандартних допусків. Це також є нетехнологічним через те, що стає необхідним виготовлення спеціальних вимірювальних і допоміжних пристроїв.

Виконуємо ескіз деталі з нумерацією всіх поверхонь, що підлягають механічній обробці, дані по аналізу відображаємо в таблиці 2.1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси готової деталі (М) до маси матеріалу (М_м), витраченого на її виготовлення, кг:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M}{M_{\text{м}}} = \frac{0,096}{0,126} = 0,76$$

Вимоги на виготовлення деталі вузол підшипниковий правий:

1. Деталі розбити на три групи по розміру Е:

1) Від 10,92... до 10,93; 2) більше 10,93... до 10,94; 3) більше 10,94... до 10,95.

Ця технічна вимога цілком обґрунтована, так як визначає, що для подальшого коректного та більш точного складання кінцевого виробу деталі необхідно розділити на три визначені групи по значенню розміру.

2. *Розміри для довідок.

Ця технічна вимога відноситься до інформаційних, тобто ці розміри витримувати та контролювати не потрібно, він отримується автоматично після виконання всіх необхідних розмірів, які впливають на характеристики деталі у вузлі.

3. **Розміри забезпечуються інструментом.

Ця технічна вимога також відноситься до інформаційних, тобто ці розміри отримуються автоматично і залежать від конструкції та розмірів інструменту, що оброблює дану поверхню.

4. Не вказані граничні відхилення розмірів: Н14; h14; $\pm \frac{t_2}{2}$.

Ця технічна вимога є цілком обґрунтована і вказує на те, що всі розміри, які вказані на кресленні без відхилень чи допусків, повинні бути виконані не менше ніж по 14 квалітету точності.

5. Клеймувати знак, що засвідчує якість виробу, який одночасно є групою селективності по розміру Е.

Ця вимога – обґрунтована. Вказує на необхідність зазначення на деталі групи селективності по розміру Е для зручності на швидкості подальшої зборки кінцевого виробу.

6. Технічні вимоги до якості поверхонь – по НШ20МП.

Ця технічна вимога також є цілком обґрунтованою, тому що вказує на відповідну якість поверхонь, яку необхідно дотримуватися при виготовленні деталі. Але посилення на деталь виробу іншої номенклатури є незручним для контролю, адже конкретні вимоги на цьому кресленні не зазначені.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Відомості про точність параметрів деталі вузол підшипниковий правий

№ поз.	Найменування поверхні	Розмір з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм	Значимість поверхні
				відхилення поверхні	форми		
1	Торцева	$27_{-0,06}^{-0,03}$	g6			0,63	2
2	Канавка	$1,5_{-0,5}$	-	-	-	12,5	8
3	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 46,9_{-0,04}^{-0,02}$	f5		-	0,63	1
4	Торцева	$27_{-0,06}^{-0,03}$	g6	-	-	3,2	3
5	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 25 \pm 0,016$	Js8	-	-	-	5
6	Площина	$43,45_{-0,04}^{-0,01}$	-		-	12,5	4
7	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 28^{+0,021}$	H7	-	-	12,5	6
8	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 4,2^{+0,3}$	-	-	-	12,5	7
9	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 3$	H14	-	-	12,5	9
10	Канавка	$1,5 \pm 0,5$	-	-	-	12,5	10
11	Канавка	$3,1^{+0,1}$	-	-	-	12,5	8

З аналізу видно, що найбільш важливими для службового призначення деталі є:

зовнішня циліндрична поверхня 3 із розміром $\varnothing 46,9_{-0,04}^{-0,02}$ мм, точність якої задана по квалітету f5; задана шорсткість поверхні Ra 0,63 мкм; заданий допуск биття 0,02 мм щодо базової поверхні Г, якою на кресленні позначена внутрішня циліндрична поверхня 5;

торцева поверхня 1 з розміром $27_{-0,06}^{-0,03}$ мм, точність по квалітету g6, шорсткість поверхні Ra 0,63 мкм; заданий допуск биття 0,02 мм щодо базової поверхні Г, а також допуск форми – площинність – в розмірі 0,003 мм - ;

друга торцева поверхня 4 задана шорсткістю Ra 3,2 мкм;

площинна поверхня 6 задана розміром $43,45_{-0,04}^{-0,01}$ мм; відхилення розміру не є стандартними; шорсткістю Ra 12,5 мкм; заданий допуск паралельності 0,02 мм відносно базової поверхні Г;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішня циліндрична поверхня 5 – розмір $\varnothing 25 \pm 0,016$ мм по Js8.

Вище описані підвищенні вимоги до поверхонь вузла пов'язані з тим, що вони обумовлюють його положення в складальній одиниці, яке повинно бути досить точним. Ці поверхні виконують основні функції, для яких призначений вузол підшипниковий.

2.2. Аналіз діючого технологічного процесу

Таблиця 2.2

Технологічний процес виготовлення деталі базовий

№ операції	Найменування операції	Обладнання	$T_{шт.}$, хв.
1	2	3	4
001	Транспортування	АВ-2	-
005	Токарна з ЧПУ	1В340Ф30	1,805
010	Токарна з ЧПУ	1В340Ф30	2,7
015	Промивка	ГМ 752	0,091
020	Контрольна	ГМ 1765	0,027
025	Транспортування	ЕВ-701	-
030	Алмазно-розточна	КК3308	1,23
035	Запресування	ГМ 1978	0,513
040	Дорнування	ГМ 1978	0,517
045	Прошивка	ГМ 1978	0,552
050	Промивка	ГМ 752	0,091
060	Укладання	037-072	0,015
065	Комплексна з ЧПУ	VF-3	3,93
070	Промивка	ГМ 752	0,069
075	Укладання	037-072	0,015
080	Алмазно-розточна	ОС 8253А	2,332
085	Горизонтально-фрезерна	6Т80	1,29
090	Вертикально-свердлильна	2Н118-1	0,784
095	Слюсарна	ГМ 1765	2,255
100	Промивка	ГМ 752	0,091
105	Комплектування	ГМ 3112	-
110	Укладання	037-072	0,027

На основі креслення деталі вузол підшипниковий правий_та вузла в цілому видно, що конструкторською базою є внутрішня циліндрична поверхня, яка в базовому технологічному процесі на більшості операцій є технологічною базою. Це свідчить про дотримання принципу єдності баз.

За чорнову базу на першій операції вибрана зовнішня циліндрична поверхня, за яку заготовку закріплюють в патроні. Вибір цієї бази є цілком обґрунтованим. Зовнішня циліндрична поверхня для даної деталі є найбільш зручною. Вона забезпечує задану точність обробки.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В базовому технологічному процесі заготовку отримують методом лиття в кокіль. Цей метод є досить продуктивним, але квалітет точності отриманої заготовки є не високим. Більш доцільно в даному випадку буде використати такий метод отримання заготовки як відливання під тиском. Цей метод забезпечить більш точний квалітет заготовки і дасть змогу призначити менші припуски на подальшу механічну обробку.

Обладнання, яке використовується в базовому технологічному процесі, в основному є універсальним, що знижує продуктивність та якість обробки деталей. Весь технологічний процес побудований таким чином, що на одній операції обробляється одна-дві поверхні. В якості раціоналізації буде доцільним запропонувати більш продуктивне обладнання з числовим програмним керуванням ф.Наас, яке дало б можливість при одній установці заготовки обробити якомога більше поверхонь. Поєднання декількох операцій в одну забезпечить більшу точність та зменшить штучний час обробки на всьому технологічному процесі.

2.3. Вибір заготовки та способу її виготовлення

Втулка вузла підшипникового правого виконана із антифрикційного алюмінієвого сплаву А03-7 по ТУ 23.5786 106.38-87, який забезпечує тривалий строк служби. Даний сплав рекомендовано використовувати для виготовлення виливок деталей монометалевих вкладишів та втулок.

Хімічний склад матеріалу представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Хімічний склад

Матеріал	Fe, %	Si, %	Mn, %	Al, %	Cu, %	Mg, %	Zn, %	Sn, %
Сплав А03-7	до 0,5	0,6-1,2	0,5-0,8	84,95-89,4	7-8,5	до 0,35	до 0,2	2,5-3,5

Механічні властивості матеріалу представлено в таблиці 2.4.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 2.4

Механічні властивості

Матеріал	Навантаження	Швидкість ковзання	Температура	Твердість
Сплав АОЗ-7	$\leq 19,5 \text{ Мн/м}^2$ (200 кг/см ²)	$\leq 15 \text{ м/с}$	$\leq 100^\circ\text{C}$	$\geq 320 \text{ НВ}$

Підшипник ковзання виготовлений із метало фторопластової стрічки МФЛ1. Він володіє високими антифрикційними властивостями, що дозволяє застосовувати такі підшипники в широкому діапазоні температур і навантажень в умовах сухого тертя і в середовищах, які не володіють змащувальними властивостями. Ці підшипники відрізняються високою конструкційною стійкістю та успішно протистоять вібраційним навантаженням.

Металева основа надає метало фторопластовій стрічці високу міцність, бронзовий пористий шар забезпечує швидкий відвід тепла, який виникає при терті, та слугує резервуаром для твердої змазки, роль якої виконує фторопласт із наповнювачем. Поверхневий шар такого матеріалу попереджує зношування сполученої з підшипником деталі та зменшує тертя.

В базовому технологічному процесі в якості методу отримання заготовки застосовується відливання в кокіль.

Головними перевагами відливання в кокіль є підвищена розмірна точність відливок, висока продуктивність процесу, багатократність використання ливарних форм, можливість автоматизації процесу, економне використання виробничих площ, можливість комбінованого використання кокілів та складних піщаних стержнів, стабільність щільності та структури відливок, високі механічні та експлуатаційні властивості.

Недоліками лиття в кокіль є висока трудомісткість виготовлення та вартість металевої форми, підвищена схильність до виникнення внутрішніх напружень у відливці внаслідок не достатньо доброї усадки та більш вузького інтервалу оптимальних режимів порівняно із литтям у піщані форми, що забезпечують високу якість відливки.

При відливанні в кокіль алюмінієвих сплавів у зв'язку із підвищеною швидкістю застигання газоусадкова пористість знижується, що сприяє отриманню щільних заготовок.

Для більшої впевненості у правильному виборі виду отримання заготовки розраховуємо її технологічну собівартість по двом варіантам.

Розраховуємо собівартість заготовки:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} Q k_T k_c k_B k_M k_P \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де: C_i – базова ціна тони заготовок, грн.;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q — маса вихідної заготовки, кг;

k_T, k_C, k_B, k_M, k_P — коефіцієнти, що залежать від складності заготовки, точності, марки матеріалу, маси а також кількості заготовок;

q — маса реальної деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ — ціна тони відходів, кг.

Розраховуємо собівартість заготовки по базовому варіанту, яка отримується литтям в кокіль:

$$S_{\text{заг}} = (17,2 \cdot 0,126 \cdot 1 \cdot 2,44 \cdot 0,925 \cdot 1 \cdot 1,23) - (0,126 - 0,096) \cdot 10,6 = 5,73 \text{ грн.}$$

Розраховуємо собівартість заготовки по проєктному варіанту, які отримується литтям в піщані форми:

$$S_{\text{заг}} = (17,2 \cdot 0,126 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 5,94 \cdot 1,11) - (0,126 - 0,096) \cdot 10,6 = 12,27 \text{ грн.}$$

По результатам розрахунків остаточно приймаємо відливання в кокіль.

2.4. Вибір методів обробки поверхонь

Загальне уточнення визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\delta_3}{\delta_{\text{дет}}}$$

де: δ_3 — допуск на розмір поверхні, що підлягає механічній обробці не однократній;

$\delta_{\text{дет}}$ — допуск на розмір поверхні, але уже після обробки.

Результати представлено в таблиці 2.5.

Розрахунок проводимо для зовнішньої циліндричної поверхні 3 (рис. 1.2).

Допуск на деталь дорівнює $\delta_{\text{дет}} = 0,02$ мм, шорсткість поверхні Ra 0,63 мкм, а допуск заготовки $\delta_3 = 0,8$ мм.

Вибираємо декілька маршрутів обробки поверхні.

Перший маршрут включає чистове та тонке точіння.

Другий маршрут включає напівчистове, чистове та тонке точіння.

Загальне уточнення дорівнює $\varepsilon_{\text{заг}} = 40$. Економічні допуски для проміжних методів обробки та відповідні частинні коефіцієнти уточнення приймаються такими:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<u>Перший варіант</u>	Допуск по переходу, мм	Частинний коефіцієнт уточнення
1. Точіння попереднє	0,160	6,5
2. Точіння остаточне	0,025	6,4
<u>Другий варіант</u>	Допуск по переходу, мм	Частинний коефіцієнт уточнення
1. Точіння попереднє	0,160	5
2. Чистове точіння	0,062	2,58
3. Тонке точіння	0,016	3,88

Розраховуємо фактичне уточнення:

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3$$

Для першого варіанту $\varepsilon_{\phi 1} = 41,6$; для другого $\varepsilon_{\phi 2} = 50,05$. Для обох варіантів умова $\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_{\text{заг}}$ виконується, але для того щоб штучний час зменшився приймаємо перший метод обробки.

Таблиця 2.5

Технологічні маршрути обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, мм	Шорсткість поверхні, мм	Допуск на заготовку по поверхні, мм	Загальне уточнення	Можливі технологічні маршрути обробки поверхонь деталі		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Часткові коефіцієнти уточнення	$\varepsilon_{\phi} = \prod_{i=1}^M \varepsilon_i$
					№ маршруту	Зміст маршруту			
1 4	0,03	0,63 3,2	0,64	21,33	1	1. Точіння попереднє	0,130	4,92	30,45
						2. Точіння остаточне	0,021	6,19	
					2	1. Точіння попереднє	0,210	3,05	30,56
						2. Точіння чистове	0,052	4,04	
						3. Точіння тонке	0,021	2,48	
3	0,02	0,63	0,8	40	1	1. Точіння попереднє	0,160	6,5	41,6
						2. Точіння остаточне	0,025	6,4	
					2	1. Точіння попереднє	0,160	5	50,05
						2. Точіння чистове	0,062	2,58	
						3. Точіння тонке	0,016	3,88	
7	0,021	12,5	0,64	30,47	1	1. Чистове розточування	0,110	5,82	30,49
						2. Тонке розточування	0,021	5,24	
					2	1. Чорнове розточування	0,210	3,08	30,86
						2. Чистове розточування	0,052	4,04	
						3. Тонке розточування	0,021	2,48	

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі формують з урахуванням обраних способів обробки окремих поверхонь, типу виробництва, технологічних можливостей металорізальних верстатів, технічних вимог і розмірних зв'язків, зазначених на кресленні деталі. Його подають у вигляді послідовності технологічних операцій із коротким описом переходів та зазначенням використаного обладнання.

001 Транспортування

АВ-2 Електронавантажувач

Транспортувати заготовки на механічну дільницю.

005 Токарна з ЧПУ

Токарний з ЧПУ ф. Haas TL-15NE

Підрізати торець, розточити отвір, розточити тонко, підрізати торець, точити зовнішній діаметр і фаску.

010 Промивка

ГМ 752 Мийна машина

Промити деталі.

015 Контрольна

ГМ 1765 Стіл для контролю

Контролювати розміри.

020 Запресовка

ГМ 1978 Прес пневматичний

Запресувати метало фторопластовий підшипник

025 Дорнування

ГМ 1978 Прес пневматичний

Дорнувати підшипник в зборі.

030 Прошивка

ГМ 1978 Прес пневматичний

Прошити підшипник в зборі.

035 Промивка

ГМ 752 Мийна машина

Промити деталі.

040 Укладання

037-072 Візок

Транспортувати деталі.

045 Комплексна з ЧПУ

Обробляючий центр з ЧПУ ф. Haas VF-3

Фрезерувати канавки та отвори, фрезерувати канавку, фрезерувати паз.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

050 Промивка
ГМ 752 Мийна машина
Промити деталі.

055 Укладання
037-072 Візок
Транспортувати деталі.

060 Алмазно-розточна
Алмазно-розточний ОС 8253А
Точити зовнішній діаметр, підрізати торці.

065 Горизонтально-фрезерна
Горизонтально-фрезерний 6Т80
Фрезерувати площину.

070 Вертикально-свердлильна
Вертикально-свердлильний 2Н118-1
Свердлити отвір.

075 Слюсарна
ГМ 1765 Верстак слюсарний
Зачистити задирки, притупити гострі кромки.

080 Промивка
ГМ 752 Мийна машина
Промити деталі.

085 Контрольна
ГМ 3112 Стіл
Перевірити розміри, якість слюсарної обробки, укомплектувати деталі по групам.

090 Укладання
037-072 Візок
Покласти деталі у візок.

2.6. Вибір технологічних баз

Паралельно з розробленням маршруту обробки деталі здійснюють вибір технологічних баз для кожної операції. Виконання встановлених технічних вимог забезпечується раціональним вибором схеми базування під час механічної обробки. Схема базування повинна гарантувати необхідну жорсткість установлення заготовки, точність її орієнтування в просторі та надійність закріплення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір технологічних баз розпочинають із чорнової бази, яка використовується на першій операції технологічного процесу. Її призначення полягає у формуванні чистових технологічних баз для подальшої обробки. При виборі чорнової бази необхідно забезпечити найбільш рівномірне зняття припуску з відповідальних і точних поверхонь деталі.

Під час вибору технологічних баз слід дотримуватись принципів суміщення та постійності баз. У разі вимушеної зміни баз доцільно переходити від менш точної базової поверхні до більш точної.

З урахуванням наведених вимог для вузла підшипникового правого приймаємо такі бази. Технологічною чорною базою є зовнішня циліндрична поверхня 3 (рис. 1.2). На операції 005 установчою та направляючою базою служить зовнішня циліндрична поверхня 3, а опорною базою – торець 1. На операціях 020, 045 і 060 установчою та направляючою базою приймається внутрішня циліндрична поверхня 7, опорною базою є торець 4. На операції 065 установчою базою виступає торець 4, а направляючою та одночасно опорною базою – зовнішня циліндрична поверхня 3. Теоретичні схеми базування для всіх операцій наведено в таблиці 2.6.

2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір металорізальних верстатів для їх здійснення

На основі розробленого технологічного маршруту, маршрутів обробки окремих поверхонь і аналізу розмірних зв'язків з урахуванням технічних вимог до поверхонь визначають структуру та зміст кожної операції із зазначенням її номера та назви. Технологічні операції подають у послідовності їх виконання. Зміст операцій графічно відображають у вигляді операційних ескізів із нанесенням розмірів, допусків та параметрів шорсткості поверхонь, що забезпечуються відповідною операцією.

Структуру та зміст технологічних операцій наведено в таблиці 2.6.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

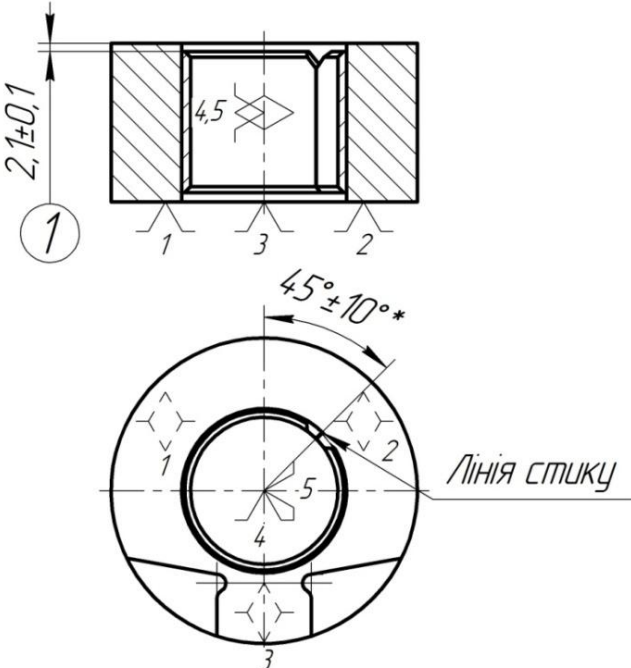
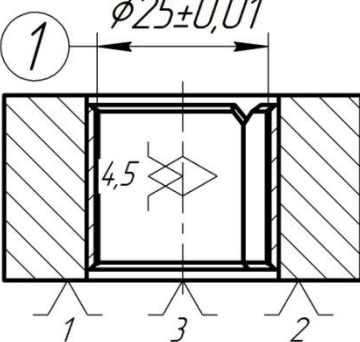
Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

Таблиця 2.6

Структура та зміст технологічних операцій

№ та найменування операції	Найменування та модель верстату	Ескіз обробки зі схемою базування	Зміст операції
005 Токарна з ЧПУ	Токарний з ЧПУ ф. Haas TL-15HE	Установ А	1. Встановити та закріпити деталь. Установ А 2. Підрізати торець і точити фаску, витримуючи розміри 4, 5. 3. Розточити отвір, витримуючи розміри 5, 6. 4. Розточити отвір тонко на прохід і точити фаску, витримуючи розміри 1, 2, 3 і шорсткість Ra2,5. 5. Відкріпити, зняти деталь, перевстановити на установ Б. Установ Б 6. Підрізати торець , точити зовнішній діаметр, витримуючи розміри 7, 8, 9. 7. Відкріпити та зняти деталь.

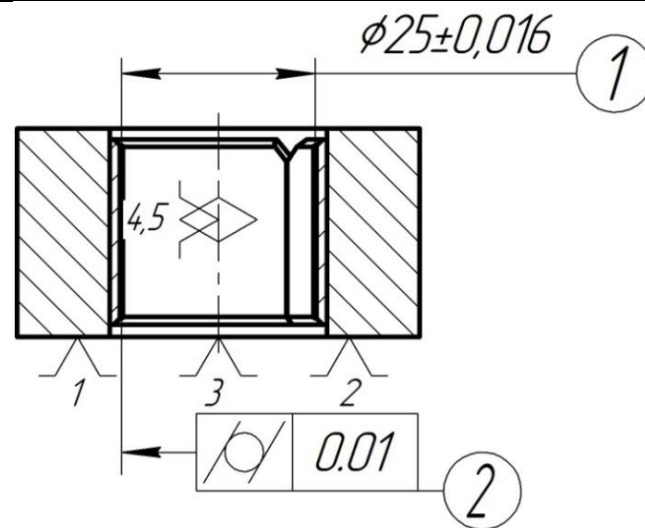
Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

020 Запресовка	ГМ 1978 Прес пневматичний		1. Встановити втулку в пристосування, одягнути підшипник на шток, попередньо змазати мастилом. 2. Запресувати метало фторопластовий підшипник у втулку, витримуючи розмір 1. 3. Зняти деталь. 4. Покласти деталь в касету.
025 Дорнування	ГМ 1978 Прес пневматичний		1. Встановити вузол підшипниковий в зборі в пристосування. 2. Встановити дорн у вузол підшипниковий, попередньо змастити мастилом. 3. Дорнувати деталь, витримуючи розмір 1. 4. Зняти деталь. 5. Перевірити розмір 1 -5%. 6. Покласти деталь в касету.

Зм.					
Арк.					
№ док.м.					
Підпис					
Дата					
Арк.					

030 Прошивка

ГМ 1978 Прес
пневматичний



1. Встановити вузол підшипниковий в пристосування.
2. Встановити прошивку у вузол підшипниковий, попередньо змазати мастилом.
3. Прошити деталь, витримуючи розмір 1 і допуск циліндричності 2.
4. Зняти деталь.
5. Перевірити розмір 1 і допуск циліндричності 2 -10%.
6. Покласти деталь в касету.

Зм.					
Арк.					
№ докум.					
Підпис					
Дата					
Арк.					

045 Комплексна з ЧПУ	VF-3 ОЦ з ЧПУ ф.Наас	Установ А $\sqrt{Ra\ 12,5}$	1. Встановити деталі, закріпити. Установ А 2. Фрезерувати канавки і отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 10, 11, 12. 3. Свердлити два отвори, витримуючи розміри 4, 5, 6, 8, 9. 4. Відкріпити, зняти деталі, перевстановити на установ Б. Установ Б 5. Фрезерувати канавку, витримуючи розміри 13, 14, 15, 18, 19, 21, 22. 6. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 16, 17, 20. 7. Відкріпити, зняти деталі.
----------------------	-------------------------	---	--

Зм.					
Арк.					
№ докум.					
Підпис					
Дата					
Арк.					

065 Горизонтально-фрезерна	6Т80 Горизонтально-фрезерний		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати площину, витримуючи розмір 1, допуск паралельності 2. 3. Відкріпити та зняти деталь.
070 Вертикально-свердлильна	2Н118-1 Вертикально-свердлильна		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити отвір, витримуючи розмір 1, 2, 3. 3. Відкріпити та зняти деталь.

Тип і модель металорізальних верстатів обирають відповідно до прийнятого методу обробки, вимог до точності поверхонь, типу виробництва та габаритних розмірів заготовки. Вибір моделей верстатів і їх технічних характеристик здійснюють за даними каталогів та довідкової літератури.

Таблиця 2.7

Металорізальне обладнання для обробки деталі

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки	Ряд частот обертання (хв. ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
005	Токарний з ЧПУ ф. Haas TL-15HE	406×864	0-3600	0,01-2,8	22,4	2700×1700×2000
045	ОЦ з ЧПУ ф. Haas VF-3	1219×457	0-8100	0-16,5	22,4	2692×2210×2616
060	Алмазно-розточний ОС 8253A	630×1060	150-3000	0,01-0,1	12,3	4900×3265×3500
065	Горизонтально-фрезерний 6T80	200×800	50-2240	25-1120	3	1525×1875×1515
070	Вертикально-свердлильний 2H118-1	Ø18	180-2800	Ручна	1,5	870×590×2080

2.8 Вибір затискних пристроїв

Тип і конструкцію затискних пристроїв для кожної технологічної операції обирають з урахуванням прийнятої теоретичної схеми базування деталі та типу виробництва.

Вибрані затискні пристрої та їх коротку характеристику наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Пристрої затискні для вузла підшипникового правого

№ операції	Найменування пристроїв	Індекс/Код	Стандарт	Вид приводу
005	Патрон 3-хкулачковий	-	-	Пневматичний
045	Патрон цанговий	DV40BER32070M	-	Гідравлічний
060	Наладка	6490-6051	-	Пневматичний
065	Пристосування	7234-6001	-	Пневматичний
070	Пристосування	7340-6015	-	Пневматичний

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.9 Вибір ріжучих інструментів

Ріжучий інструмент для виконання операцій обирають з урахуванням:

- типу застосовуваного верстата;
- максимального використання стандартного нормалізованого інструменту;
- методу та стадії обробки (чорнова, чистова, остаточна);
- міцності, різальних властивостей і стійкості інструменту.

Розміри мірного різального інструменту (свердел, зенкерів, розверток) визначають відповідно до розмірів оброблюваних поверхонь. Розміри інших інструментів вибирають залежно від параметрів різцетримача, характеристик оброблюваної поверхні та умов забезпечення необхідної міцності й жорсткості.

Таблиця 2.9

Ріжучий інструмент для механічної обробки

№ оп.	№ переходу чи позиції	Найменування інструменту	Індекс/Код	Стандарт	Ріжуча частина		Кількість
					Матеріал	Стандарт	
005	2, 6	Різець	SCLCR 2020K09	CoroTurn 107	H10	ISO/ANSI	2
	3	Різець	A20S-SSKCR09	CoroTurn 107	H10	ISO/ANSI	2
	4	Різець	2142-4020	-	BK8	3882-74	1
025	3	Дорн	1187-6020	-	9XC	5950-71	1
030	3	Прошивка	2430-6003	-	9XC	5950-71	1
045	2	Фреза кінцева	2223-4065	23248-78	9XC	5950-71	1
	4	Фреза кінцева	2223-4038	23248-78	9XC	5950-71	1
	5	Фреза	2223-6003	-	9XC	5950-71	1
060	2	Різець прохідний	2100-4164	-	BK3	3882-74	2
	3	Різець підрізний	2110-6008	-	BK3	3882-74	2
065	2	Фреза	2214-0153	9473-80	BK8	3882-74	1
070	2	Свердло	2300-7551	10902-77	9XC	5950-71	1

2.10 Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю для виконання операцій обирають з урахуванням:

- типу виробництва;
- необхідної точності вимірювань;
- вартості контрольних засобів;
- трудомісткості проведення вимірювань;
- безпеки та зручності використання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибрані засоби технічного контролю наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Засоби технічного контролю

№ оп.	№ пер.	Контролюємий параметр деталі	Найменування інструменту чи пристосування	Код	ГОСТ
005	2	$29,5 \pm 0,2$	Штангенциркуль	ШЦ-II-160-0,05	166-89
	4	$\varnothing 28^{+0,021}$	Нутромір	НИ 18-50	9244-75
	6	$28,4_{-0,1}$	Штангенциркуль	ШЦ-I-125-0,1	166-89
		$\varnothing 48_{-0,2}$	Мікрометр	МК 50	6707-76
025	3	$\varnothing 25 \pm 0,01$	Нутромір	НИ 18-50	9244-75
030	3	$\varnothing 25 \pm 0,016$	Нутромір	НИ 18-50	9244-75
045	2	$4^{+0,1}$	Калібр-пробка	8133-0901	-
		$13,3 \pm 0,2$; $R5 \pm 0,3$; $R22$	Штангенциркуль	ШЦ-I-125-0,1	166-89
	4	$3,3^{+0,1}$	Пристосування для контролю глибини	8151-4177	-
		$4,5 \pm 0,1$; $7 \pm 0,2$	Калібр для контролю положення	8534-6103	-
		$\varnothing 30,8_{-0,3}^{-0,1}$; $R4,5^{+0,2}$	Калібр для контролю положення	8152-6001	-
	5	$1,5 \pm 0,5$	Пристосування для контролю глибини	8151-4177	-
		$4 \pm 0,1$; 45°	Калібр для контролю положення	8534-6103 8152-6001	-
060	2	$\varnothing 46,9_{-0,04}^{-0,02}$	Скоба важільна	СР 25...50	11098-75
			Індикатор	1 МИГ	9696-82
	3		Пристосування	8533-4078	-
065	2	$43,45_{-0,04}^{-0,01}$	Калібр	8534-6114	-
070	2	$\varnothing 4,2^{+0,3}$; $12 \pm 0,1$	Штангенциркуль	ШЦ-I-125-0,1	166-89

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.11 Визначення припусків та операційних розмірів

Після вибору маршрутів обробки поверхонь, розроблення маршрутного технологічного процесу та визначення структури і змісту технологічних операцій виконують розрахунок припусків на механічну обробку. Мінімальні міжопераційні припуски розраховують для однієї поверхні, а для інших поверхонь їх значення приймають за довідковими таблицями.

Розрахунок мінімальних міжопераційних припусків виконуємо для торцевої поверхні 1 (рис. 1.2) у такій послідовності.

Спочатку складаємо розрахункову карту оброблюваної поверхні. У ній технологічні переходи записують у порядку їх виконання — від чорнової заготовки до завершальної обробки.

Таблиця 2.11

Припуски та граничні розміри по переходам

Технологічні переходи обробки поверхні 1	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск Z_{min} , мкм	Розрахунковий розмір l_p , мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ				l_{min}	l_{max}	$Z_{min}^{пр}$	$Z_{max}^{пр}$
Заготовка	200	300	21,35	-	30,5	0,64	30,18	30,82	-	-
Точіння: чистове	30	30	1,0675	901,35	29,6	0,4	29,4	29,8	780	1020
тонке	3	-	0,854	261,0675	29,3	0,1	29,2	29,3	200	500
Всього:									980	1520

Заготовка – лиття в кокіль, точність відливки 7Т-0-0-7 по ГОСТ 26645-85, маса заготовки 0,126 кг.

Значення сумарне просторових відхилень:

$$\rho_B = \Delta_K \cdot B = 0,7 \cdot 30,5 = 21,35 \text{ мкм},$$

де: Δ_K – питоме короблення відливки.

Залишкове просторове відхилення після точіння чистового:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 21,35 = 1,0675 \text{ мкм},$$

Залишкове просторове відхилення після точіння тонкого:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 21,35 = 0,854 \text{ мкм}.$$

На підставі даних, наведених у таблиці 2.16, виконують розрахунок мінімальних міжопераційних припусків, використовуючи основну розрахункову залежність:

$$Z_{min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i.$$

Мінімальний припуск для різних видів точіння:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЧИСТОВЕ

$$z_{min} = 200 + 300 + 21,35 + 380 = 901,35 \text{ мкм};$$

ТОНКЕ

$$z_{min} = 30 + 30 + 1,0675 + 200 = 261,0675 \text{ мкм.}$$

На основі даних, наведених у таблиці 2.16, графу «Розрахунковий розмір (l_p)» заповнюють, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додавання розрахункового припуску для кожного технологічного переходу.

Розрахункову довжину (l_p), мм, визначають послідовним додаванням мінімальних розрахункових припусків за всіма технологічними переходами:

$$l_{p1} = 29,3 + 0,2640675 = 29,5640675 \approx 29,6 \text{ мм}$$

$$l_{p\text{заг}} = 29,6 + 0,90135 = 30,40135 \approx 30,5 \text{ мм}$$

Після внесення до розрахункової таблиці значень допусків для кожного технологічного переходу та заготовки у графі «Найменший граничний розмір» ($l_{\min}$) визначають відповідні значення для всіх переходів. Найбільші граничні розміри знаходять додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру.

Розраховуємо найбільші граничні розміри:

$$l_{max2} = 29,2 + 0,1 = 29,3 \text{ мм}$$

$$l_{max1} = 29,4 + 0,4 = 29,8 \text{ мм}$$

$$l_{max\text{заг}} = 30,18 + 0,64 = 30,82 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків:

$$z_{max2}^{\text{пр}} = 29,8 - 29,3 = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}$$

$$z_{max1}^{\text{пр}} = 30,82 - 29,8 = 1,02 \text{ мм} = 1020 \text{ мкм}$$

$$z_{min2}^{\text{пр}} = 29,4 - 29,2 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм}$$

$$z_{min1}^{\text{пр}} = 30,18 - 29,4 = 0,78 \text{ мм} = 780 \text{ мкм}$$

Усі отримані результати розрахунків зведено до таблиці 2.16. На підставі виконаних розрахунків будують схему графічного розташування припусків і допусків для обробки торцевої поверхні 1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

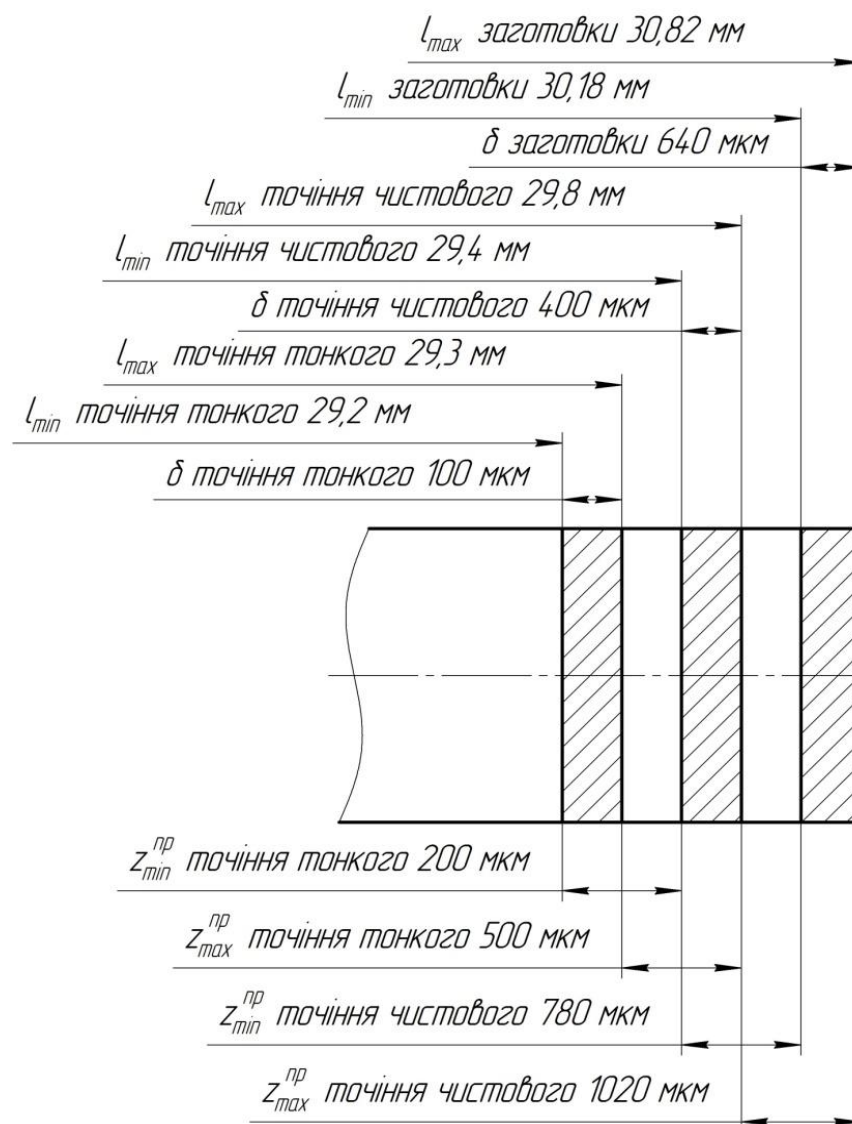


Рис. 2.1 Графічне розташування припусків та допусків

Загальні припуски z_{0min} і z_{0max} визначаємо, шляхом додавання проміжних припусків, і записуємо їх значення внизу відповідних граф:

$$z_{0min} = 780 + 200 = 980 \text{ мкм};$$

$$z_{0max} = 1020 + 500 = 1520 \text{ мкм}.$$

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$z_{max2}^{np} - z_{min2}^{np} = 500 - 200 = 300 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 400 - 100 = 300 \text{ мкм};$$

$$z_{max1}^{np} - z_{min1}^{np} = 1020 - 780 = 240 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 640 - 400 = 240 \text{ мкм};$$

На всі інші оброблені поверхні обох деталей припуски і допуски вибираємо по таблицям і ГОСТ 53464-2009 і записуємо їх значення до таблиці 2.12.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12

Припуски і допуски на обробку деталі

№ поверхні	розмір	Припуск		Допуск
		табличний	розрахунковий	
1	$27_{-0,06}^{-0,03}$	-	1,7	0,70
2	$1,5_{-0,5}$	1,5	-	0,40
3	$\varnothing 46,9_{-0,04}^{-0,02}$	$2 \cdot 2,55$	-	0,80
4	$27_{-0,06}^{-0,03}$	1,8	-	0,70
6	$43,45_{-0,04}^{-0,01}$	6,05	-	0,80
7	$\varnothing 28_{+0,021}^{+0,021}$	$2 \cdot 1,5$	-	0,70
8	$\varnothing 4,2_{+0,3}^{+0,3}$	$2 \cdot 2,1$	-	0,44
9	$\varnothing 3$	$2 \cdot 1,5$	-	0,40
10	$1,5 \pm 0,5$	1,5	-	0,40
11	$3,1_{+0,1}^{+0,1}$	3,1	-	0,40

2.12 Визначення режимів різання

Технологічні режими різання визначаємо двома способами: розрахунково-аналітичним і нормативним.

Розрахунково-аналітичним способом визначаємо режими різання на операцію 065 горизонтально-фрезерну. На вказаній операції виконується фрезерування чистове площини фрезою торцевою насадною.

Зміст операції:

065 Горизонтально-фрезерна

Горизонтально-фрезерний 6Т80

1. Встановити та закріпити деталь.
2. Фрезерувати площину.
3. Відкріпити та зняти деталь.

Визначаємо глибину фрезерування $t = 3,45$ мм і ширину фрезерування $B = 23,9$ мм.

Призначаємо подачу. При чистовому фрезеруванні вихідною величиною подачі є її величина на один оберт фрези. Рекомендоване значення для параметру шорсткості $Ra 3,2$ $s = 0,5 \dots 1,0$ мм/об. Приймаємо $s = 0,8$ мм/об [СТМ том 2, табл. 37, стор. 285].

Визначаємо подачу на зуб: $s_z = s/z = 0,8/10 = 0,08$ мм/зуб.

Швидкість різання – колова швидкість фрези, м/хв.:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v,$$

де: $C_v = 285$; $q = 0,25$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,2$;
 $T = 180$ хв.

загальний поправочний коефіцієнт на швидкість, який враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,916$$

Таким чином швидкість різання буде дорівнювати:

$$v = \frac{285 \cdot 100^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 3,45^{0,3} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 23,9^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 2,916 = 614,86 \text{ м/хв.}$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – колова сила, Н:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp},$$

де: z – число зубців фрези; n – частота обертання фрези, об/хв.

Розраховуємо частоту обертання фрези:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 614,86}{3,14 \cdot 100} = 1958 \text{ об/хв.}$$

Значення n_p корегуємо у відповідності до паспортних даних прийнятого верстату і приймаємо найближчу меншу ступінь $n_{ст} = 1600$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1600}{1000} = 502,7 \text{ м/хв.}$$

Випишуємо значення коефіцієнтів для розрахунку сили різання:

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2;$$

[СТМ том 2, табл. 41, стор. 291].

Поправковий коефіцієнт щодо якості обробляемого матеріалу: $K_{mp} = 1,0$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,45^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 23,9^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 1600^{0,2}} \cdot 1,0 = 807,24 \text{ Н}$$

При фрезеруванні алюмінієвих сплавів в розрахунок сили P_z необхідно вести із коефіцієнтом 0,25, тому $P_z = 0,25 \cdot 807,24 = 201,81 \text{ Н}$.

Після розрахунку P_z встановлюємо можливість її реалізації на вибраному верстаті. Для цього визначаємо силу P_x , яка порівнюється по паспорту верстату з допустимою силою $P_{x_{доп}}$. Для торцевих фрез

$$P_x = (0,3 \dots 0,4) P_z = 60,543 \dots 80,724 \text{ Н.}$$

Момент крутний на шпинделі верстату:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{201,81 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 100,92 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ефективна потужність різання, кВт:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{201,84 \cdot 502,7}{1020 \cdot 60} = 1,66.$$

Розраховуємо основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L}{S_M} \cdot i, \text{ хв.},$$

де: L — розрахункова довжина поверхні, яка оброблюється мм;

S_M — подача хвилинна, мм/хв.;

i — кількість проходів.

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм}$$

де: l — довжина оброблюємої поверхні на кресленні, мм;

l_1 — величина врізання, мм; При фрезеруванні торцевими фрезами $l_1 = D = 100$ мм.

l_2 — величина перебігу, мм, 2...4 мм.

$$L = 24,5 + 100 + 3 = 127,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{127,5}{0,8 \cdot 1600} \cdot 1 = 0,1 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 2.13.

На всі інші операції режими різання визначаємо табличним методом і записуємо всі данні в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13

Режими різання на операціях механічної обробки

Номер		t , мм	s , мм/об	V , м/хв.	n , об/хв	$L_{p.x.}$, мм	T_o , хв.
опер.	пер.						
005	2	1,0	0,4	212,4	1300	21	0,14
	3	0,9	0,4	212,4	1300	33,5	0,16
	4	0,6	0,2	277,7	1700	34	0,2
	6	1,1	0,12	316,7	2100	19	0,17
		2	0,37	241,3	1600	32,4	0,15
045	2	1,45	0,18	19,6	2000	158	0,44
		3,12	0,13	19,6	2000	87	0,34
		4	0,11	19,6	2000	14	0,07
	4	8	0,11	50,3	2000	99	0,45
	5	4	0,11	25,1	2000	16,5	0,08
060	2	0,55	0,07	250,5	1700	33	0,28
	3	0,7	0,07	250,5	1700	18	0,15
		0,7	0,15	250,5	1700	9	0,04
065	2	3,45	0,8	502,7	1600	127,5	0,1
070	2	2,1	0,2	26,4	2000	9,2	0,03

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.13 Технічне нормування операцій

В умовах серійного виробництва норми часу на виконання операцій визначають розрахунково-аналітичним методом.

Детальний розрахунок технічної норми часу наведено лише для операції 065 горизонтально-фрезерної обробки вузла підшипникового правого. Для інших технологічних операцій подаються тільки результати нормування, отримані відповідно до рекомендацій довідкової літератури та виробничих нормативів з урахуванням типу виробництва. Результати розрахунків і вибору нормативів наведено в таблиці 2.14.

Для серійного виробництва визначають норму штучно-калькуляційного часу, хв:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

де: $t_{\text{шт}}$ — величина штучного часу, хв.:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_d + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}},$$

де: t_o — основний час обробки, хв.;

t_d — час допоміжний, хв.;

$t_{\text{обсл}}$ — час для обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{\text{відп}}$ — час на перерви та на відпочинок та особисті потреби, хв.;

$T_{\text{п-з}}$ — підготовчо-заключний час, хв.;

n — кількість деталей в партії, шт.

Визначаємо допоміжний час на виготовлення:

$$t_d = t_{\text{уст}} + t_{\text{п}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{к.в.}} \cdot t_{\text{пер}},$$

де: $t_{\text{уст}}$ — час, який витрачається на встановлення та зняття деталі, хв.;

$t_{\text{п}}$ — час, пов'язаний з переходом, хв.;

$t_{\text{уп}}$ — час, який витрачається на прийоми управління, хв.;

$t_{\text{к.в.}}$ — час на контрольні виміри, хв.;

$t_{\text{пер}}$ — періодичність контрольних вимірів для операції.

$$t_d = 0,08 + 0,44 + 0,06 + 0,12 \cdot 0,3 = 0,94 \text{ хв.}$$

Визначаємо час, який витрачається на обслуговування робочого місця — $\alpha = 3,5\%$ від основного та допоміжного часу обробки:

$$t_{\text{обсл}} = \alpha \cdot (t_o + t_d) = 0,035 \cdot (0,11 + 0,94) = 0,037 \text{ хв.}$$

Визначаємо час, який витрачається на відпочинок та особисті потреби — $\beta = 4\%$ від основного та допоміжного часу обробки:

$$t_{\text{відп}} = \beta \cdot (t_o + t_d) = 0,04 \cdot (0,11 + 0,94) = 0,042 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = 0,11 + 0,94 + 0,037 + 0,042 = 1,129 \text{ хв.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{\text{пз}} = 21 \text{ хв.}$$

Визначаємо розмір партії:

$$n = \frac{T_{\text{пз}}}{t_{\text{шт}} \cdot \alpha} = \frac{21}{1,129 \cdot 0,08} = 233 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 1,129 + \frac{21}{233} = 1,22 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норму витрат на зміну:

$$H_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{зм}}}{t_{\text{шт-к}}} = \frac{480}{1,22} = 394 \text{ шт.,}$$

де: $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни в хв.

Для решти операцій розрахунок виконують за аналогічною методикою.

Отримані результати розрахунків та нормативні дані зведено до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Результати нормування операцій, хв.

№ опер.	t_o	t_d	$t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{відп}}$	$t_{\text{шт}}$	$T_{\text{пз}}$	$n,$ шт.	$t_{\text{шт-к}}$	$H_{\text{зм}}$
005	0,82	1,28	0,17		2,27	38,9	85	2,73	176
045	1,38	2,81	0,34		4,53	30,6		4,89	99
060	0,47	1,38	0,11	0,08	2,04	16		2,23	216
065	0,1	0,94	0,037	0,042	1,129	21		1,38	348
070	0,03	0,72	0,023	0,023	0,796	18		1,01	476

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3. Конструкторська частина

3.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою

Пристрій затискний використовується на операції 065 горизонтально-фрезерній.

Пристрій затискний (рис. 3.1) складається з таких основних вузлів та деталей: корпусу 1, на якому встановлений вузол установочний 3, що зверху притискається вузлом установочним 2 до корпусу 1 за допомогою гвинтового з'єднання. На установочний вузол 3 за допомогою кришки кріпиться рухома призма 7, яка з'єднана гвинтом спеціальним 9 із важелем 10. Важіль 10 в свою чергу з'єднаний з циліндричною тягою 14 за допомогою штифта 13. Всередині корпусу 1 передбачений циліндричний отвір для того, щоб тяга 14 могла рухатися під дією штока 15 пневмоциліндру. Поршень 22 із штоком 15 знаходяться в проточці корпусу 1. Пневмоциліндр щільно закривається кришкою 19, яка для більшої надійності має ущільнююче кільце 16. Також в кришці 19 та в корпусі 1 кріпляться штуцерні з'єднання 17 для підводу і відводу стиснутого повітря. Поршень 22 в своїй конструкції має також 2 ущільнюючі кільця для того, щоб стиснуте повітря не потрапляло із однієї порожнини в іншу і не втрачалися сили затиску. До штоку 15 поршень 22 кріпиться за допомогою гайки 20 з шайбою 18. Шток 15 рухається по внутрішній циліндричній поверхні втулки 23 і втулки 28.

Спеціальний затискний пристрій працює наступним чином: заготовка, яку необхідно обробити, встановлюється на вузол установочний 2 (рис 3.1) торцевою поверхнею 1 (рис. 1.2). Орієнтація заготовки здійснюється двома штифтами 4 по поверхні лиски 2 (рис. 1.2), які запобігають прокручуванню заготовки. Затиск відбувається при подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину. Поршень 22 з штоком 15 піднімається вгору; зрізаний циліндричний кінець останнього тисне на ролик 24, який закріплений на штифті 25, і обертається. Тяга 14 переміщується вліво. З'єднаний з нею важіль 10 повертається за годинниковою стрілкою. Важіль 10 обертається навколо вісі штифта 11, який з'єднує його із опорою 12. До іншого кінця важеля 10 приєднаний гвинт 9, який разом із призмою 7 переміщується вправо. Робочі поверхні призми 7 дотикаються до зовнішньої циліндричної поверхні заготовки і здійснюють на них дію сили затиску. Заготовка під дією цієї сили притискається до упора 6, який закріплюється гвинтами 5 до вузла установочного 3. Таким чином під час обробки заготовки забезпечується її нерухомий стан.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розтиск деталі відбувається зворотнім чином. Стиснуте повітря подається в штокову порожнину. Шток 15 із поршнем 22 опускається вниз. Ролик 24 прокручується під дією зрізаної циліндричної поверхні штока 15, який з іншого боку обмежений заглушкою 27. Пружина 26 заглушки 27 розтискається. Тяга 14 переміщується вправо. Важіль 10 повертається проти годинникової стрілки і переміщує призму 7 вліво. Деталь звільняється від дії сили затиску.

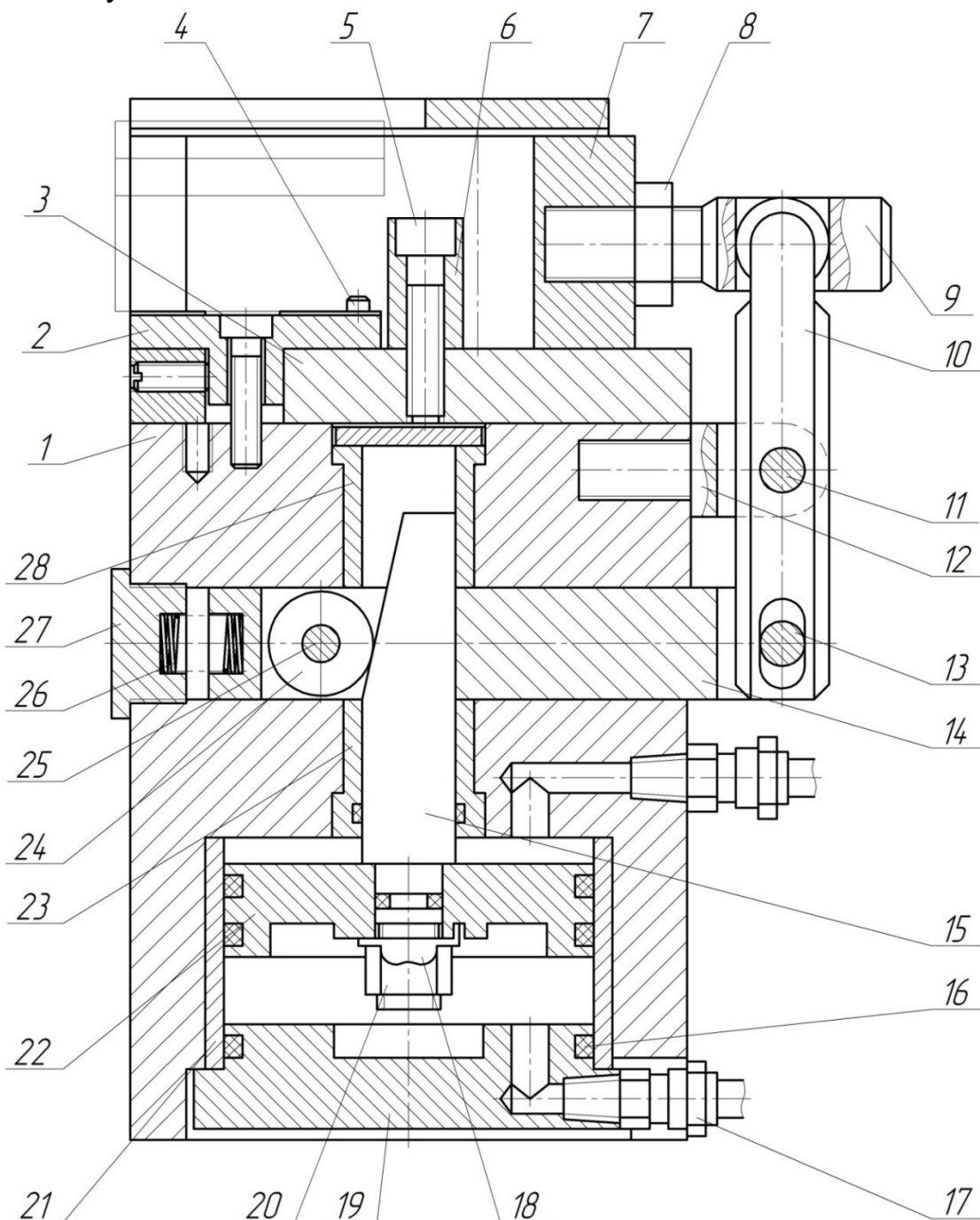


Рис. 3.1 Ескіз затискного пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ

Арк.

Схема базування деталі, тобто схема її орієнтації за допомогою опорних точок в координатній системі верстата, на якому буде виконуватись операція, розробляємо в залежності від кількості і характеру вимог до операції з урахуванням принципу суміщення конструкторських та технологічних баз.

Вимоги, які висуваються до виконання операції наступні: оброблена поверхня повинна мати допуск розташування відносно вісі раніше обробленого отвору, а саме допуск паралельності відносно горизонтальної вісі цього отвору не більше 0,02 мм. Шорсткість поверхні повинна бути не менше Ra 3,2 мкм.

Основний розмір заданий від зовнішньої циліндричної поверхні, яка і виступає конструкторською базою. На пристосуванні деталь орієнтується по торцевій поверхні і зовнішній циліндричній поверхні, які виступають технологічними базами. Таким чином принцип суміщення баз витриманий.

Теоретична схема базування представлена на рис. 3.2.

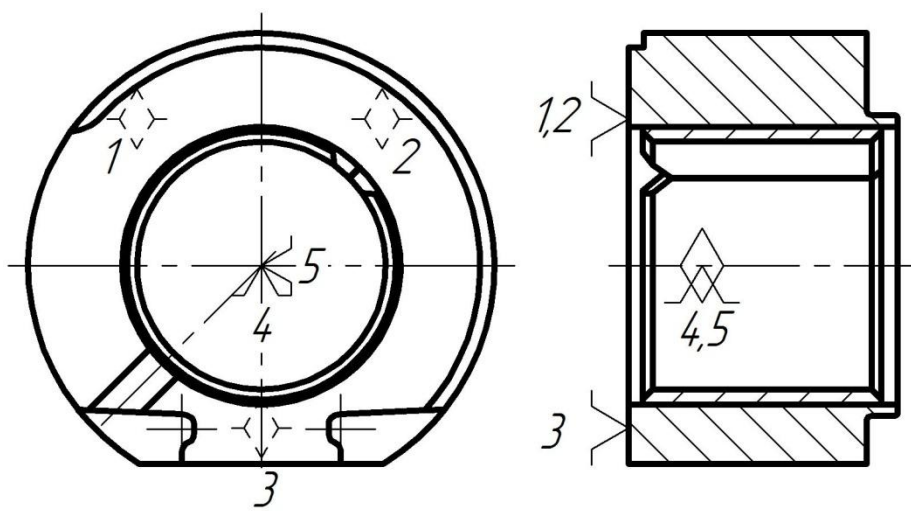


Рис. 3.2 Теоретична схема базування деталі

Матеріалізація опорних точок теоретичної схеми базування – заготовка встановлюється торцевою поверхнею на площину вузла установочного 2 (рис. 3.1), лиска орієнтується за допомогою двох штифтів 4. Затиск виконує рухома призма і упор по зовнішній циліндричній поверхні заготовки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ

Арк.

Для того, щоб розрахувати сили затиску деталі складаємо розрахункову схему затиску деталі (рис. 3.3).

Зі схеми видно, що затискний механізм складається з двох передавальних пристроїв, а саме з важільного механізму, що з'єднаний з клиноплунжерним механізмом, який з'єднаний зі штоком пневмоциліндру.

Для початку знаходимо силу затиску W' , яка необхідна для затиску деталі рухомою призмою.

Із схеми складання сил видно:

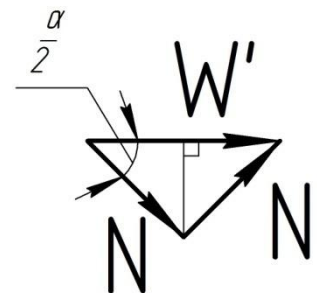
$$\frac{W'}{2} = \cos \frac{\alpha}{2} \cdot N \Rightarrow N = \frac{W'}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

Тоді умова рівноваги деталі матиме вигляд:

$$P_z \cdot h \cdot K = W' \left(\frac{fD}{2} + \frac{fD}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

Звідки

$$W' = \frac{4P_z \cdot h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2fD \sin \frac{\alpha}{2} + fD} K,$$



де: f – коефіцієнт тертя;

K – коефіцієнт запасу.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де: $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт запасу гарантований;

$K_1 = 1,2 \dots 1,9$ – коефіцієнт запасу, що враховує збільшення сили різання внаслідок зносу ріжучого інструменту;

$K_2 = 1 \dots 1,2$ – коефіцієнт запасу, що враховує характер обробки;

$K_3 = 1 \dots 1,3$ – коефіцієнт запасу, що враховує наявність ударів під час обробки;

$K_4 = 1 \dots 1,2$ – коефіцієнт запасу, що враховує тип приводу (при механічному приводі $K_4 = 1,0$; при ручному – $K_4 = 1,2$);

$K_5 = 1 \dots 1,2$ – коефіцієнт запасу, що враховує зручність розіашування органів керування.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

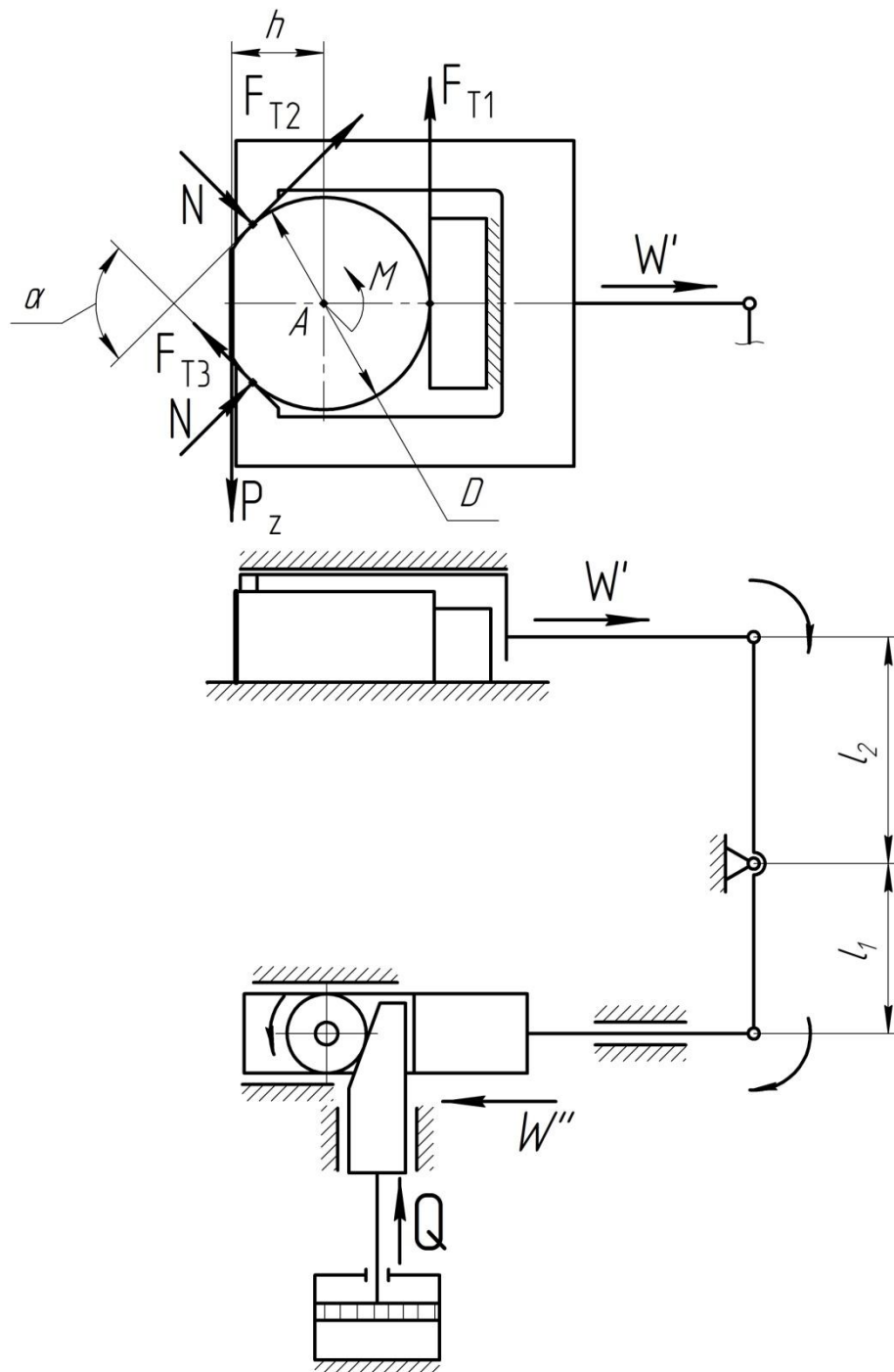


Рис. 3.5 Розрахункова схема затиску

$$W' = \frac{4 \cdot 461,93 \cdot 31,85 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2}}{2 \cdot 0,16 \cdot 46,9 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2} + 0,16 \cdot 46,9} \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4134,6 \text{ Н}$$

Сила затиску заготовки, що передає важільний механізм:

$$W'' = W' \frac{l_1}{l_2} \eta,$$

де: $\eta = 0,95$ – КПД, який враховує втрати на тертя в опорі важеля.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W'' = 4134,6 \cdot \frac{60,5}{46,5} \cdot 0,95 = 5110,45 \text{ Н}$$

Сила затиску, яку передає плунжерний механізм:

$$W'' = -Q \cdot \frac{1 - \tan(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) \tan \varphi_{2\text{пр}}}{\tan(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \tan \varphi_1}$$

Звідки

$$Q = \frac{-W''(\tan(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \tan \varphi_1)}{1 - \tan(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) \tan \varphi_{2\text{пр}}}$$

$$Q = \frac{-5110,45 \cdot (\tan(12,57^\circ + 45^\circ) + \tan 45^\circ)}{1 - \tan(12,57^\circ + 45^\circ) \tan 45^\circ} = 22919,2 \text{ Н.}$$

В якості затискного пристрою приймаємо рухому призму, яка притискає деталь до упора. Конструкція затискного пристрою та його елементи не заважають доступу інструменту до оброблюємої поверхні та огляду оператором під час обробки деталі.

Визначаємо загальне передавальне відношення сили:

$$i = \frac{W'}{Q} = \frac{4134,6}{22919,2} = 0,18,$$

де: W' – сила затиску деталі;

Q – сила на приводі.

Визначаємо діаметр циліндра силового приводу двосторонньої дії за умови, що затискання деталі здійснюється під час висування штока.:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p_{\text{в}} \eta}},$$

де: $p_{\text{в}} = 0,3 \dots 0,5 \text{ МПа}$ – тиск стисненого повітря;

$\eta = 0,8 \dots 0,85$ – ККД силового приводу.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 22919,2}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,85}} = 94,56 \text{ мм.}$$

Знайдене розрахунком значення діаметру циліндра округлюємо до ближчого більшого. Приймаємо $D = 100 \text{ мм}$.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розміри найменш міцних елементів пристрою, виконуємо їх перевірку на міцність та за потреби уточнюємо геометричні параметри.

До слабких елементів належать деталі, які сприймають найбільші навантаження від силового приводу.

Виконуємо розрахунок на міцність штифтів 11 і 13 (рис. 3.1): діаметр штифтів становить 12 мм, матеріал — сталь 45.

Умова міцності штифтового з'єднання на зріз:

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]$$
$$\tau = \frac{22919,2}{\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 202,7 \text{ Па} = 0,2027 \text{ МПа}$$
$$[\tau] = 160 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Розраховуємо на міцність штифт 25 (рис. 3.1): гвинт має діаметр 10 мм; матеріал – сталь 45.

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]$$
$$\tau = \frac{22919,4}{\frac{3,14 \cdot 10^2}{4}} = 2918,9 \text{ Па} = 2,9189 \text{ МПа}$$
$$[\tau] = 160 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У поданій кваліфікаційній роботі на тему «Розробка технології виготовлення вузла підшипникового правого» здійснено детальний аудит заводського технологічного процесу базового підприємства. З метою підвищення гнучкості виробництва та скорочення витрат на виготовлення, новий маршрут передбачає заміну розрізнених операцій на універсальному обладнанні (де оброблялася мінімальна кількість поверхонь) на багатоцільову обробку. Зокрема, запропоновано впровадження високопродуктивних верстатів із ЧПК від фірми Naas. Це технічне рішення дозволяє обробити максимальну кількість поверхонь за одне встановлення заготовки.

Концентрація декількох технологічних переходів в одну операцію сприяла не лише підвищенню точності виготовлення, але й суттєвому скороченню штучного часу. У межах запропонованого технологічного маршруту сформовано структуру операцій, підібрано необхідне устаткування, а також виконано розрахунки міжопераційних припусків, оптимальних режимів різання та норм часу. Як практичне доповнення до модернізованого процесу, спроектовано оригінальну конструкцію спеціального затискного пристосування.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.
2. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по спеціальності 8090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград , 2000.
3. Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПК та верстатні комплекси. Київ – Тернопіль, 2001.
4. Буц Б.Д. Розрахунок режимів різання / Б. Д. Буц, В. Є. Приходько, Ю. В. Ткачов // Навчальний посібник. Д.: РВВ ДНУ, 2005. 76 с.
5. Кіницький Я.Т. Практикум з теорії механізмів і машин: навчальний посібник. Львів: ПТВФ «Афіша», 2002. 454 с.
6. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка / В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 40 с.
7. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спец. 131 «Прикладна механіка» / [уклад. : К. Щербина, В. Шмельов, О. Скрипник, А. Гречка, О. Кузик] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки, каф. матеріалознавства і ливарного виробництва. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 16 с.
8. Костюк В., Валиулін Г., Костюк Є. Прикладна механіка та основи конструювання: навчальний посібник. К.: Кондор, 2018. 226 с.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Григурко І. О. Технологія машинобудування. Львів: Новий світ – 2000, 2025. 301 с.
10. Бурек Я., Гурей І. В., Стоцько З. А. Верстатне обладнання: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 168 с.
11. Горбатюк С. О., Мазур М. П., Зенкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. Львів : «Новий світ – 2000», 2009. 358 с.
12. Дідик Р. П., Зіль В. В., Пацера С. Т. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посібн. Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 196 с.
13. Дідик Р.П., Ткачов Ю.В., Олейниченко В.Г., Мелещик В.А., Савостенко А.В. Методологія визначення параметрів і умов механічної обробки матеріалів: навчальний посібник. Д.: НГУ, 2005. 164 с.
14. Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» /; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 232 с.
15. Підгаєцький М.М., Скібінський О.І. Технологія випробувань та сертифікація продукції: навч. посіб. Кіровоград: КНТУ, 2014. 144 с.
16. Shcherbyna K. Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks / K. Shcherbyna, A. Hrechka, V. Mazhara, T. Diachenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2020. Вип.50. С.159-164.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Люльченко О. Дослідження способів обробки точних отворів корпусних деталей / О. Люльченко, О. Скібінський // «Наука - виробництву, 2023 = Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку»: зб. тез доп. здобувачів вищої освіти LVII наук.-техн. конференції, за підсумками проведення «Дня науки – 2023» (20 квітн. 2023 р.). Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С. 49-53.
18. Огнарьев С. Дослідження впливу режимів різання при швидкісному точінні керамічною пластиною з вайпер геометрією на параметри якості оброблюваної поверхні / С. Огнарьев, О. Скібінський, В. Селехова // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. Вип. 14. С. 9-12.
19. Mazhara V.A., Shcherbyna K.K, Maniakin S.P., Filonenko V.V. Efficiency of using turning machining centers // The 4th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations” (December 1-3, 2023) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2023. 216-221
20. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення/ В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. Вип. 54. С. 12-20.
21. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : метод. вказ. до викон. лаб. робіт / А. М. Артюхов, А. Р. Апаракін // М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 52 с.

					КРБ.ГМ.26.11.14.100.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		