

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
15 червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Конструкторська підготовка виготовлення стакану
підшипника п'яти**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-21ПЗ
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олександр ЯРОШЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віталій МАЖАРА

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Сергій ЛИСЕНКО

Кропивницький 2025

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Ярошенку Олександрю Миколайовичу

Тема роботи:

Конструкторська підготовка виготовлення стакану підшипника п'яти

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Віталій МАЖАРА

Затверджено наказом ЦНТУ від 20 січня 2025 року № 240-02.

Строк подання роботи до захисту:

15 червня 2024 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: підвищення продуктивності обробки стакану підшипника п'яти на вертикально-свердлильній операції, шляхом впровадження на даній операції затискного пристрою пневматичного типу.

Завдання: виконати розробку структури та змісту технологічної операції з розробкою теоретичної схеми базування та визначення похибки базування; провести розрахунки точності затискного пристрою та сил затиску; розробити кресленик загального виду затискного пристрою для обробки стакану підшипника п'яти на вертикально-свердлильній операції та створити 3D модель зазначеного пристрою; виконати опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою та провести розрахунок слабких ланок.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної літератури по тематиці роботи	11.03.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	29.03.2025 р.	
3	Виконання конструкторської частини	18.04.2025 р.	
4	Виконання розрахункової частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	29.05.2025 р.	
6	Перевірка роботи на академічний плагіат	05.06.2025 р.	
7	Рецензування роботи	08.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ЯРОШЕНКО

Керівник роботи _____ Віталій МАЖАРА

АНОТАЦІЯ

Ярошенко О.М. Конструкторська підготовка виготовлення стакану підшипника п'яти : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В.А. Мажара. Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 39 с.

Креслеників – разом 4 аркуші формату А1.

Метою роботи є підвищення продуктивності обробки стакану підшипника п'яти на вертикально-свердлильній операції, шляхом впровадження на даній операції затискного пристрою пневматичного типу.

Актуальність роботи. Підвищення продуктивності обробки, ефективність використання металообробного обладнання та впровадження сучасних технологій залежить від комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів. Отже розширення технологічних можливостей металообробного обладнання шляхом використання спеціальних затискних пристроїв для підвищення продуктивності є актуальною задачею, вирощенню якої присвячена дана кваліфікаційна робота.

В роботі було виконано розробку структури та змісту технологічної операції з розробкою теоретичної схеми базування та визначення похибки базування. Проведено розрахунки затискного пристрою на точність та розрахунки сил затиску. Було розроблено кресленик загального виду затискного пристрою для обробки стакану підшипника п'яти на вертикально-свердлильній операції та створено 3D модель зазначеного пристрою. Виконано опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою та проведені розрахунки слабких ланок.

затискний пристрій, технологія обробки, схема базування, сила затиску

ANNOTATION

Oleksandr YAROSHENKO. Design preparation for manufacturing a heel bearing cup. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Vitalii MAZHARA. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025. 39 p.

Drawings – summary 4 sheets A1 format.

The aim of the work is to increase the productivity of machining the heel bearing cup in a vertical drilling operation by introducing a pneumatic clamping device for this operation.

Relevance of the work. Increasing machining productivity, the efficiency of using metalworking equipment and the introduction of modern technologies depends on the complex mechanisation and automation of production processes. Therefore, expanding the technological capabilities of metalworking equipment by using special clamping devices to increase productivity is an urgent task, the solution of which is the subject of this qualification work.

In the work, the structure and content of the technological operation were developed with the development of a theoretical scheme of basing and determination of the basing error. The clamping device was calculated for accuracy and clamping forces were calculated. A general view drawing of a clamping device for machining a heel bearing cup in a vertical drilling operation was developed and a 3D model of the device was created. The design and principle of operation of the clamping device were described and the weak links were calculated.

clamping device, machining technology, base pattern, clamping force

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Конструкторська підготовка виготовлення стакану
підшипника п'яти**

КРБ.ПМ.25.51.33.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-21ПЗ
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олександр ЯРОШЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віталій МАЖАРА

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Загальна частина	8
1.1 Опис виробу, до складу якого входить деталь	8
1.2 Опис та характеристики вузла та деталі	11
2. Конструкторська частина	14
2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі	14
2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі	17
2.3 Розробка структури та змісту технологічної операції	18
2.3.1 Розробка схеми базування деталі та її матеріалізація	18
2.3.2 Визначення похибки базування	19
2.3.3 Вибір технологічного обладнання для реалізації операції механічної обробки	21
2.4 Розрахунок режимів різання	21
3. Розрахункова частина	25
3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми	25
3.2 Розрахунок затискного пристрою на точність	26
3.3 Розрахунок сил затиску	27
3.4 Варіантний вибір силових механізмів та їх приводів з силовим розрахунком	29
3.5 Опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою	33
3.6 Розрахунок слабких ланок затискного пристрою	35
Висновки	37
Список використаних джерел	38

ВСТУП

Деталь яка розглядається в даній кваліфікаційній роботі, це стакан підшипника п'яти, і є складовою частиною підвіски лафетів, для транспортування малих плавзасобів які виготовляються заводом-фірмою «Ось», що розташована у місті Кропивницький.

В даній роботі на здобуття ступеня бакалавр з прикладної механіки передбачається розробка та розрахунок пневматичного затискного пристрою, для затиску деталі стакан підшипника п'яти на 015 вертикально-свердлильну операцію.

Дана деталь відноситься до класу тіл обертання при $l \leq D$.

При проектуванні пристрою потрібно урахувати вимоги які висуваються до пристрою а саме: жорсткий корпус; стандартні або нормалізовані установчі елементи, які забезпечать необхідне положення деталі; силовий пневматичний; пристрої або елементи для орієнтації ріжучого інструмента та корпусу пристрою на столі.

Також потрібно пам'ятати, що проектний затискний пристрій мав просту та надійну конструкцію, яка забезпечувала б зручність встановлення та зняття деталі; гарантував необхідне закріплення деталі та безпеку експлуатації; був швидкодіючим і забезпечував необхідну продуктивність; мав невелику метало- та енергоємність; мав зручні органи керування; забезпечував видалення стружки з зони обробки деталі.

Кваліфікаційну роботу виконуємо у відповідності до рекомендацій, що наведені в методичних вказівках [1] та [5].

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис виробу, до складу якого входить деталь

Деталь яка розглядається в даній кваліфікаційній роботі, це стакан підшипника п'яти, і є складовою частиною підвіски лафетів які виготовляються заводом-фірмою «Ось», що розташована у місті Кропивницький. Даний лафет наведений на рисунку 1.1 та призначений для транспортування малих плавзасобів легковими автомобілями.



Рисунок 1.1 – Лафет для транспортування ПВХ човнів ЛЛ-10 (Компакт)

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики лафетів ЛЛ-10 (Компакт)

Вантажопід'ємність, кг	370
Повна маса причепа, кг	500
Габаритні розміри, мм	4460 x 1550 x 1053
Максимальна довжина судна, мм	4300
Дорожній просвіт, мм	235
Колеса	R13
Тип підвіски	Ресорна
Опори для судна	Ложементи

Причіп човновий (лафет) ЛЛ-10 «КОМПАКТ» призначений для плоскодонних надувних човнів ПВХ, пластикових і алюмінієвих човнів, каное, каяків і байдарок довжиною до 4,3 м.

Конструкція причепа дає змогу повністю розібрати причіп - від'єднати дишло, крила і колеса, що дає змогу компактно зберігати човновий причіп у гаражі в зимовий період.

Носовий упор обладнаний лебідкою, має регульований кут нахилу, що зручно для вільного переміщення вздовж дишла причепа.



Рисунок 1.2 – Лебідка лафету ЛЛ-10 (Компакт)

Рама виготовлена з міцного прямокутного профілю, який витримує високі перевантаження.

Причіп оцинкований методом гарячого цинкування, тобто кожна деталь опускається у ванну з гарячим цинком. Таким чином запобігає утворенню корозії та подовжується термін служби причепа.

Поздовжні ложементи мають регульований кут нахилу і обладнані пересувними кронштейнами. Вони можуть бути встановлені на необхідну висоту, як по центру рами, так і над крилами причепа.

Поперечний ложемент регулюється за висотою і має можливість вільного переміщення вздовж дишла причепа.

Колеса популярного радіуса R13 з посиленою гумою.



Рисунок 1.3 – Колеса лафету ЛЛ-10 (Компакт)

Лафет має надійний зчіпний пристрій, який кріпиться до причіпного пристрою легкового автомобіля.

1.2 Опис та характеристики вузла та деталі

У легкових причепах, що застосовуються для перевезення різних вантажів, мототехніки і човнів, найбільшого поширення набули три типи підвісок: торсіонна (часто її називають гумово-джгутова) підвіска, ресорна підвіска та пружинна підвіска.

Найбільш поширений і недорогий варіант на легкових причепах є торсіонна підвіска. Зовні являє собою профільовану трубу, усередині якої змонтовані гумові джгути, які разом із зовнішніми важелями підвіски утворюють торсіонну систему, що має певну пружність.

Переваги такої підвіски:

- Недорога. Причепи з такою підвіскою найбільш доступні за ціною.
- Незалежна. Лівий і правий важелі мають рухливість відносно один від одного і підвіска може відпрацьовувати дорожні нерівності окремо, не передаючи паразитне розгойдування на інше колесо і весь причіп.
- Не потребує обслуговування в процесі експлуатації, за винятком стандартного обслуговування маточин.
- У нормальних умовах експлуатації безпроблемна і надійна.
- Компактна і причепи на ній мають, як правило, меншу вантажну висоту.

Недоліки:

- Неремонтопридатна. У разі провороту торсіона (при перевантаженні або дуже сильному ударі) її не можна розібрати і відновити, а тільки лише замінити весь вузол цілком.
- Менша, порівняно з ресорною, максимальна вантажопідйомність.
- Схильна до розгойдування без навантаження і на поганій дорозі. У гумово-джгутовій підвісці торсіон одночасно виконує і амортизуючу функцію, але не настільки ж ефективно, наскільки класичні амортизатори, що застосовуються в ресорній і пружинній підвісці.

Ресорна підвіска конструктивно схожа з аналогічним типом підвісок на автомобілях - поперечна балка, що кріпиться до рами причепа через поздовжні ресори з декількох листів.



Рисунок 1.4 – Ресорна підвіски лафету ЛЛ-10 (Компакт)

Переваги такої підвіски:

- Великий запас міцності.
- Висока ремонтпридатність. Лист, що лопнув, можна замінити в гаражних і навіть у польових умовах.
- Як правило (але не завжди), оснащується амортизаторами. Відповідно краща плавність ходу, порівняно з торсіонною, особливо на поганих дорогах. Та й сам по собі пакет ресор уже частково виконує функцію амортизаторів.

Недоліки:

- Залежна конструкція підвіски. Порівняно з незалежною, сильніші крени і коливання на нерівностях.
- Жорстка і вібронавантажена, якщо причіп порожній. Проблема певною мірою вирішується застосуванням імпортних пакетів ресор, здатних

«наполовину сили» працювати за малого навантаження.

- Потребує регулярного обслуговування.

Найбільш високотехнологічне і дороге рішення. На причепах зустрічається нечасто.

Переваги такої підвіски:

- Незалежна. Відмінно відпрацьовує нерівності з мінімальним розгойдуванням причепа.

- Оснащується класичними амортизаторами, що ефективно гасять коливання.

- Ремонтопридатність.

Недоліки:

- Дорожнеча. Один і той самий причіп із пружинною підвіскою коштуватиме значно дорожче, ніж із ресорною або гумово-джгутовою.

- Менша вантажопідйомність, порівняно з ресорною.

Отже підвіска лафету ЛЛ-10 (Компакт) виконана у вигляді ресор та наведена на рисунку 1.4. Деталь стакан підшипника п'яти в якій розміщується підшипник кочіння є складовою частиною даної підвіски. Кількість деталей на причеп визначається кількістю осей лафету. Лафет ЛЛ-10 (Компакт) має одну вісь, тож має два колеса, а відповідно і два стакана підшипника п'яти.

Отже питання підвищення продуктивності виготовлення деталей розглядалися багатьма авторами, зокрема в роботах [11] та [13] також піднімаються питання, які будуть розглянуті в даній кваліфікаційній роботі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі

Деталь – стакан підшипника п'яти – виготовляється із сірого чавуну СЧ 20 виливкою, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при виготовленні заготовки. Відливка проста по конфігурації, але потребує використання стрижневої формовки для виконання внутрішніх порожнин.

З точки зору коефіцієнту використання матеріалу деталь є – технологічною.

З точки зору точності і шорсткості поверхонь – технологічна.

Конструкція деталі має достатні базові поверхні, конструкція деталі забезпечує вільний доступ інструмента. Конструкція деталі дозволяє обробляти площини на прохід, одночасно обробляти отвори на багатошпindelних верстатах з урахуванням відстані між вісями отворів. Не технологічними в конструкції деталі є глухі отвори, що ускладнює наладку верстатів, але замінити їх наскрізними отворами не можливо.

За конструкцією деталь достатньо жорстка і дозволяє використовувати високопродуктивні режими різання, що є технологічним.

З точки зору використання металорізального обладнання, ріжучого і вимірювального інструменту деталь є не технологічною, тому що використовується в основному спеціальне устаткування.

Загалом деталь стакан підшипника п'яти є достатньо технологічною.

Точність і якість поверхонь знаходиться у взаємному зв'язку і відповідає призначенню деталі та умовам її роботи. На кресленні деталі кількість розмірів достатня, правильна, а також зберігається однозначність заданих вимог точності та відповідність діючим стандартам.

Виконуємо ескіз деталі з нумерацією усіх поверхонь, що обробляються (рис. 2.1). Та наводимо дані аналізу у вигляді таблиці 2.1.

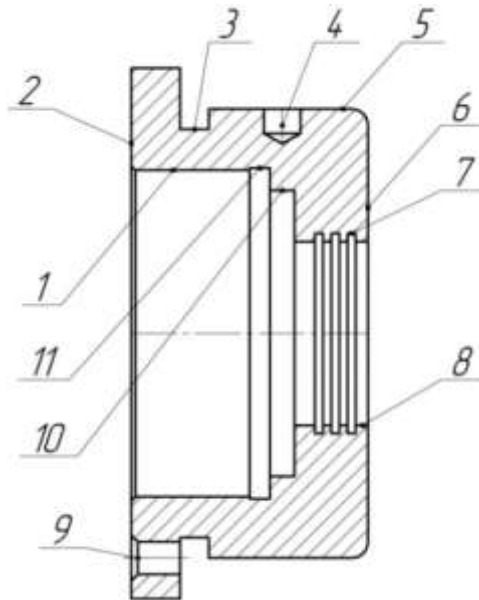



Рисунок 2.1 – Оброблювані поверхні деталі стакан підшипника п'яти

Таблиця 2.1 – Точнісні характеристики стакану підшипника п'яти

№ поверхні	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Параметр		Шорсткість поверхні, Ra
				Відносних поворотів	Форми	
1	2	3	4	5	6	7
1	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 80 \pm 0,015$	Is7	-	-	2,5
2	Торець	$12_{+0,43}$	H14	-	-	6,3
3	Зовнішня канавка	$7_{-0,36}$	H14	-	-	6,3
4	Отвір	$\varnothing 9^{-0,09}$	H11	-	-	6,3
5	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 110_{+0,036}^{+0,090}$	f8		-	3,2
6	Торець	$\varnothing 110_{+0,036}^{+0,090}$ 46	f8	-	-	6,3
7	Внутрішня канавка	2 $\varnothing 48_{+0,62}$	H14	-	-	
8	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 46_{+0,62}$	H14	-	-	6,3
9	Отвір	$\varnothing 8_{+0,015}$	H7	-		6,3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
10	Внутрішня канавка	$\varnothing 70^{+0,74}$	H14	-	-	6,3
11	Внутрішня канавка	$\varnothing 81^{+0,74}$	H14	-		3,2

Деталь виготовляється з сірого чавуну марки СЧ20. Сірий чавун використовують для деталей складної форми і високої міцності, виготовлення яких потребує високої пластичності в гарячому стані. Матеріал має задовільну корозійну стійкість та добре оброблюється різанням.

Хімічний склад та механічні властивості сірого чавуну наведені в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад матеріалу стакан підшипника п'яти

Марка матеріалу	Склад елементів, %				
	C	Si	Mn	S	P
Сч20	3,3	1,4	0,7	0,15	0,2

Таблиця 2.3 – Механічні властивості матеріалу стакан підшипника п'яти

Марка матеріалу	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	Твердість НВ
СЧ20	-	200	143

2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Маршрут механічної обробки деталі стакан підшипника п'яти має такий вигляд:

005 Токарна з ЧПК

Двошпиндельний токарний обробний центр з ЧПК Monforts DNC 500

1. Встановити деталь.
2. Точити зовнішню поверхню, розточити отвір.

010 Свердлильна з ЧПК

Вертикально-свердлильний обробний центр Rapidrill 500

1. Встановити деталь.
2. Свердлити 4 отвори.
3. Зняти деталь.

015 Вертикально свердлильна

Вертикально-свердлильний 2Н135

1. Встановити деталь.
2. Свердлити отвір.
3. Зняти деталь.

020 Слюсарна

Верстак слюсарний

1. Спилляти завусенці

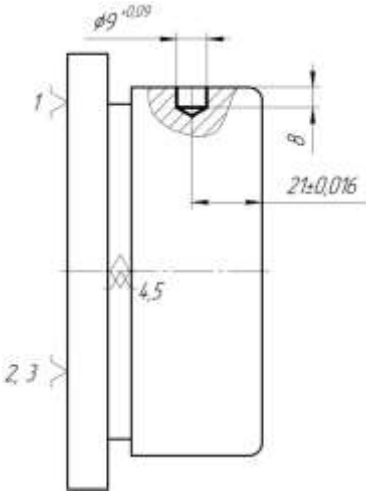
030 Контрольна

1. Контролювати розміри.

2.3 Розробка структури та змісту технологічної операції

На підставі розробленого маршрутного технологічного процесу обробки деталі, розробімо структуру та зміст 015 вертикально-свердлильної операції, яка виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135. Саме для цієї операції і розробляється затискний пристрій. Структуру та зміст технологічної операції представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зміст 015 операції механічної обробки деталі стакан підшипника п'яти

№ операції	Модель верстата	Операційний ескіз	Зміст операції
015	Вертикально-свердлильний 2Н135		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Свердлити отвір Ø9 мм. 3. Зняти деталь.

2.3.1 Розробка схеми базування деталі та її матеріалізація

Базування – це надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат [4].

Дана деталь відноситься до тіл обертання у яких $l \leq D$, для таких деталей комплектом баз є: установча база, яка віднімає у деталі 3 степені свободи; та

направляюча база, яка віднімає 2 степені свободи.

Таким чином деталь позбавляється 5 степенів свободи. Цього достатньо для виконання заданою операції, з потрібною точністю.

Розробляємо теоретичну схему базування яка наведена на рисунку 1.2.

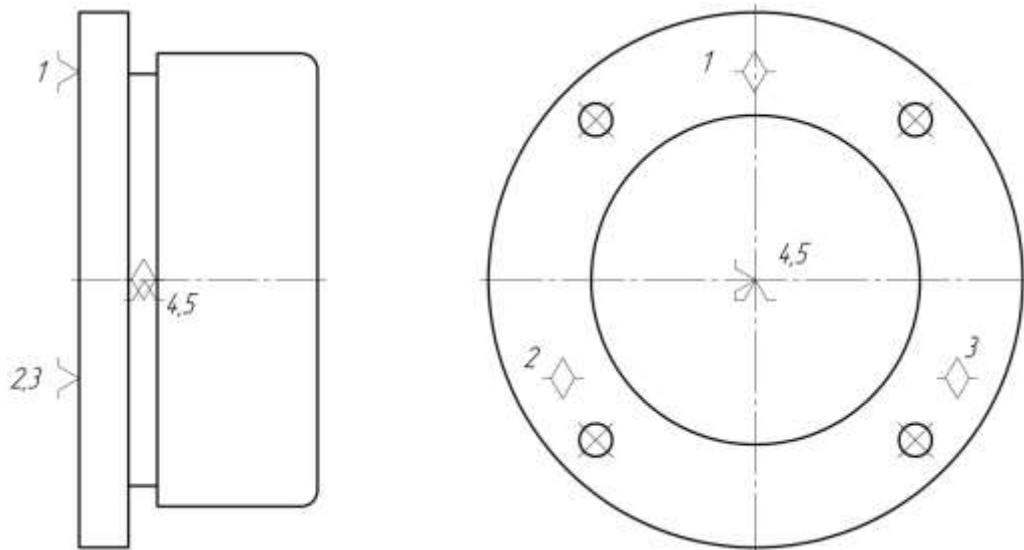


Рисунок 2.2 – Теоретична схема базування деталі стакан підшипника п'яти

Деталь базується по внутрішній поверхні (для реалізації використовується циліндричний палець) та торцю.

Установча база – торець деталі.

Направляюча база – вісь деталі.

2.3.2 Визначення похибки базування деталі

В даному випадку конструкторська та технологічні бази не співпадають, в наслідок допуску на довжину деталі. Тож похибка базування виникає в наслідок горизонтального зміщення вимірювальної бази [11]. Схему для визначення похибки базування наведено на рисунку 2.3.

Оскільки розмір на розміщення отвору задається не від базової поверхні, від торцю $\varnothing 130$, то виникає похибка за рахунок допуску на довжину деталі.

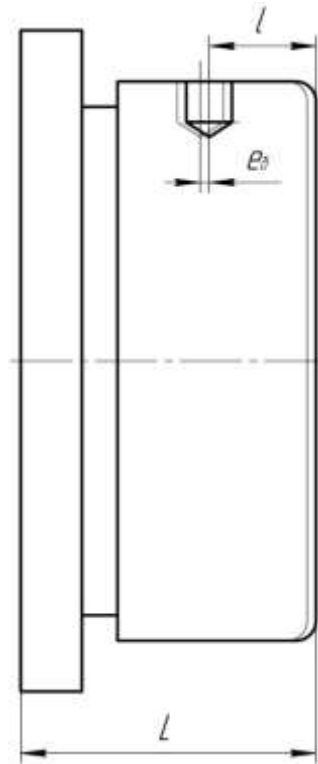


Рисунок 2.3 – Схема для визначення похибки базування деталі стакан підшипника п'яти

У відповідності до рисунку 1.3 похибка базування визначається з залежності:

$$\varepsilon_b = L_{max} - L_{min} \quad (2.1)$$

$$\varepsilon_b = 58 - 57,81 = 0,19 \text{ мм.}$$

Дана похибка не перевищує допуск на розмір.

2.3.3 Вибір технологічного обладнання для реалізації операції механічної обробки деталі

Для реалізації запропонованої операції механічної обробки деталі стакан підшипника п'яти 0603.72.001, необхідно вибрати металорізальній верстат. Вибираємо вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н135, технічна характеристика якого наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики металообробного обладнання

Номер операції	Найменування та модель верстага	Діапазон частот обертання шпинделя об/хв	Діапазон подач, мм/хв., мм/об	Габаритні розміри верстага (довжина x ширина x висота), мм	Маса верстага, кг	Потужність електродвигуна головного привода, кВт
015	Вертикально-свердлильний 2Н135	31-1400	0,1-1,6	1030x825x2535	1200	4,0

Схема механічної обробки деталі стакан підшипника п'яти 0603.72.001 на даній операції винесено у графічну частину даної кваліфікаційної роботи.

2.4 Розрахунок режимів різання на виконувану операцію

Визначаємо режими різання для деталі стакан підшипника п'яти 0603.72.001 на 015 вертикально-свердлильної операції.

Діаметр обробки – $\varnothing 9^{+0,09}$ мм.

Шорсткість – $Ra=6,3$ мкм.

Глибина різання – 4,5 мм

Кількість проходів – $i=1$.

Подачу вибираємо в залежності від параметрів оброблюваної поверхні:

$$S_T = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Корегуємо значення по паспортним даним верстату 2Н135 і приймаємо:

$$S_\phi = 0,4 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання для обробки поверхні визначаємо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^{m_{SY}}} K_v, \quad (2.2)$$

де C_v - стала у формулі швидкості різання;

x, y, m – показники ступеню;

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{os}, \quad (2.3)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує якість інструментального матеріалу,

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,6.$$

Період стійкості інструменту $T = 25$ хв.

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{40,7 \cdot 9^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 0,6 = 30,8 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_{обр}}, \quad (2.4)$$

де D – діаметр обробки (9 мм).

Тож, маємо:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 30,8}{3,14 \cdot 9} = 1090 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстату і користуючись практичними рекомендаціями приймаємо $n_{пр} = 735$.

Фактична швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{обр} \cdot n_{\phi}}{1000} \quad (2.5)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 735}{1000} = 21,2 \text{ м/хв}$$

Виконуємо перевірку вибраних режимів різання по потужності привода головного руху верстату.

Визначаємо складову силу різання.

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p; \quad (2.6)$$

Вибираємо сталу C_p та показники ступеню x , y , n для конкретних умов обробки $C_p=42,7$; $x=0$; $y=0,8$; $q=1,0$.

Визначаємо поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} = 1$$

Тож, маємо:

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 1464,42 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент за залежністю:

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p, \quad (2.7)$$

Вибираємо сталу C_m та показники ступеню x , y , n для конкретних умов обробки $C_m=0,021$; $x=0$; $y=0,8$; $q=2,0$. Отже:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 17 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (2.8)$$

Тож, маємо:

$$N_e = \frac{17 \cdot 735}{9750} = 1,28 \text{ кВт.}$$

Виконуємо перевірку по потужності приводу верстату

$$N_{різ} \leq 1,2 N_{дв} \cdot \eta; \quad (2.9)$$

$N_{дв}=4,0$ кВт; $\eta=0,8$;

$$N_{різ} \leq 1,2 \cdot 4 \cdot 0,8 = 3,84 \text{ кВт};$$

$$1,28 \text{ кВт} \leq 3,84 \text{ кВт.}$$

Потужність різання не перевищує потужності привода головного руху верстата.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i \quad (2.10)$$

де i – кількість проходів;

L – довжина робочого ходу ($L = l + l_1 + l_2$);

l – довжина поверхні, що обробляється;

l_1 і l_2 – відповідно значення врізання та перебігу ріжучого інструменту.

Отже основний час на обробку становить:

$$T_o = \frac{8+2,5}{0,4 \cdot 735} \cdot 1 = 0,036 \text{ хв.}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми

Питання проектування затискних пристроїв детально розглянуті в джерелах [2; 3; 4] та [11]. Розроблений спеціальний затискний пристрій використовується при виконанні свердлильної операції. Заготовка базується на внутрішню циліндричну поверхню та торець. Даний пристрій встановлюється на столі вертикально-свердлильного верстату та кріпиться до нього за допомогою спеціальних болтів через T-подібні пази.

Принципова схема затискного пристрою наведена на рисунку 3.1.

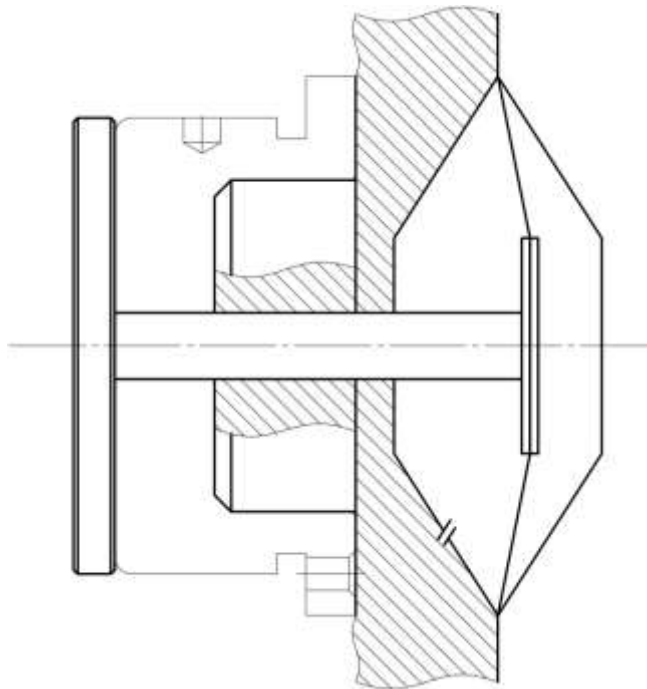


Рисунок 3.1 – Принципова схема затискного пристрою

В даному затискному пристрої, стакан підшипника п'яти базується на циліндричний палець, через центральний отвір якого проходить шток мембранного пневматичного циліндра, який і використовується для затиску деталі.

До опорної поверхні деталь притискається за допомогою розрізної шайби.

3.2 Розрахунок затискного пристрою на точність

Розрахунок пристрою на точність має за мету визначення необхідної точності його виготовлення по вибраному параметру, до яких відносяться:

а) допуски на координуючі розміри, що задані від баз чи базових поверхонь;

б) допуски взаємного розміщення (непаралельності або неперпендикулярності тощо) баз або базових поверхонь затискного пристрою.

Точність виготовлення пристрою з достатнім наближенням, а саме тих його елементів, які впливають на точність оброблюваного розміру може бути оцінена допуском, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} = T_A - k_m \cdot \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.o})^2}, \quad (3.1)$$

де T_A – допуск на виконуваний розмір;

ε_{δ} – похибка базування деталі;

k_m – коефіцієнт, що враховує відхилення розкиду значень складових величин від закону нормального розподілу ($k_m=0,9-1,2$);

k_{m1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованому обладнанні ($k_{m1}=0,8 - 0,85$);

k_{m2} – коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, що є наслідком факторів, які не залежать від пристрою ($k_{m2}=0,6 - 0,8$);

$\omega_{m.o}$ – середня економічна точність обробки (визначається по таблицям допустимих похибок для даного методу обробки) [11, т.1, с.8-12];

ε_3 – похибка закріплення деталі [8, с.16-19];

При використанні механізованих затискних пристроїв, що забезпечують сталість сили затиску похибка закріплення деталі дорівнює нулю.

Визначаємо фактичну похибку затискного пристрою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,19 - 1,2 \times \sqrt{(0,8 \times 0)^2 + 0^2 + (0,7 \times 0,075)^2} = 0,127 \text{ мм}$$

3.3 Розрахунок сил затиску

При конструюванні затискного пристрою необхідно знайти силу затиску, яка визначається із умови рівноваги заготовки під дією сил різання, сил тяжіння, тертя та сил затиску.

Схема затиску деталі, із зазначенням точки прикладання сили затиску та її напрямку, та вказуванням сил різання, сил тертя наведено на рисунку 3.2.

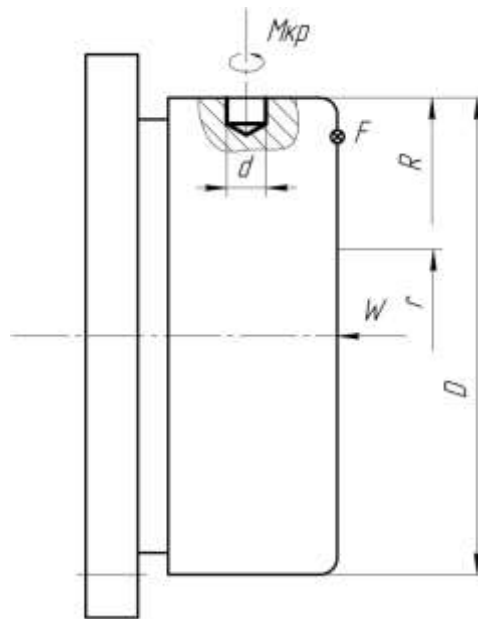


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку сили затиску

Сили різання внаслідок яких утворюється крутний момент який намагається повернути деталь навколо власної вісі.

Для визначення сили затиску необхідно записати та розв'язати рівняння рівноваги:

$$\sum M_x = 0 . \quad (3.2)$$

$$M_p - M_T = 0.$$

Крутний момент визначається залежністю:

$$M_p = P_z \times \frac{d}{2} . \quad (3.3)$$

Оскільки в пункті 1.4 був вже порахований крутний момент, тому з цієї формули ми можемо знайти силу P_z .

$$P_z = \frac{M_{кр}}{d} . \quad (3.4)$$

$$P_z = \frac{17}{0,009} = 1889 \text{ Н.}$$

Момент тертя в затискній шайбі:

$$M_T = \frac{2}{3} W f \frac{R^3 - r^3}{R^2 + r^2} . \quad (3.5)$$

Підставляє в баланс моментів значення моментів:

$$\frac{2}{3} W f \frac{R^3 - r^3}{R^2 + r^2} - 2P_z \times \frac{d}{2} = 0 \quad (3.6)$$

Звідціля знаходимо силу затиску W :

$$W = \frac{3P_z(R^2 + r^2)}{f(R^3 - r^3)} \quad (3.7)$$

де f - коефіцієнт тертя;

R – зовнішній радіус затискної шайби;

r – внутрішній радіус затискної шайби.

Визначену рішенням рівнянь силу затиску необхідно збільшити на коефіцієнт запасу сили, який визначається за формулою [11]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 , \quad (3.8)$$

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0=1,5$;

K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через зношування ріжучого інструмента, $K_1=1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_2=1,0$;

K_3 – динамічний коефіцієнт, що враховує виникаючі при деяких видах обробки удари, $K_3=1,0$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість затискного зусилля, $K_4=1,0$;

K_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розміщення рукояток у ручних затискних пристроях, $K_5=1,0$;

K_6 – коефіцієнт, що враховує невизначеність положення заготовки через нерівності місця її контакту з опорними елементами, $K_6=1,0$.

$$K=1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 1,8.$$

Тож сила затиску:

$$W = \frac{3 \cdot 1889(55^2 + 22,5^2)}{0,2(55^3 - 22,5^3)} \times K = 570 \text{ Н.}$$

Для забезпечення затиску деталі стакан підшипника п'яти при свердлінні отвору на операції 015, сила затиску повинна бути не менше ніж 570Н.

3.4 Варіантний вибір силових механізмів та їх приводів з силовим розрахунком

До складу затискних пристроїв можуть входити силові механізми, зокрема: важільні, клинові (кливо-плунжерні), гвинтові, ексцентрикові, кулачкові, шарнірно-важільні механізми та різноманітні їх комбінації.

Розробимо кілька схем пристроїв у яких використовуються різні варіанти силових механізмів.

Варіант 1 – Пристрій з затиском деталі гайкою. (рисунок 3.3).

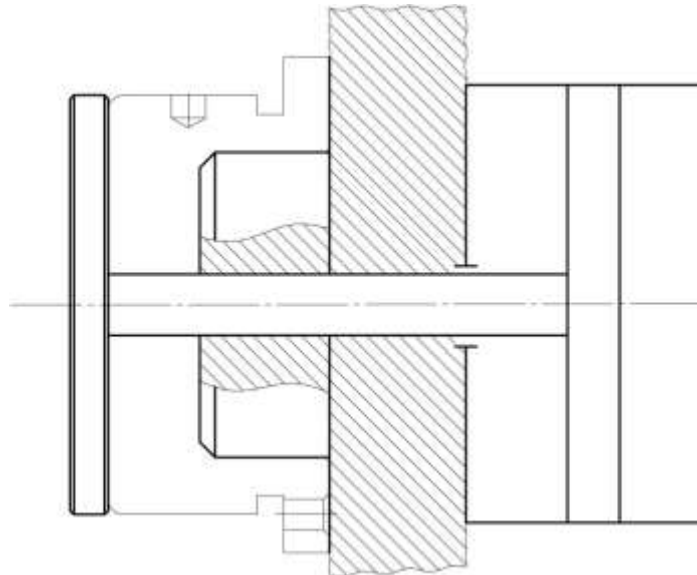


Рисунок 3.3 – Пристрій з затиском деталі гайкою

Передаточне відношення:

$$i = \frac{s_Q}{s_w} = 1, \quad (3.9)$$

оскільки відсутні підсилюючі ланки.

Відповідно $W = Q$.

Варіант 2 – Пристрій з клино-плунжерним механізмом. (рисунок 3.4).

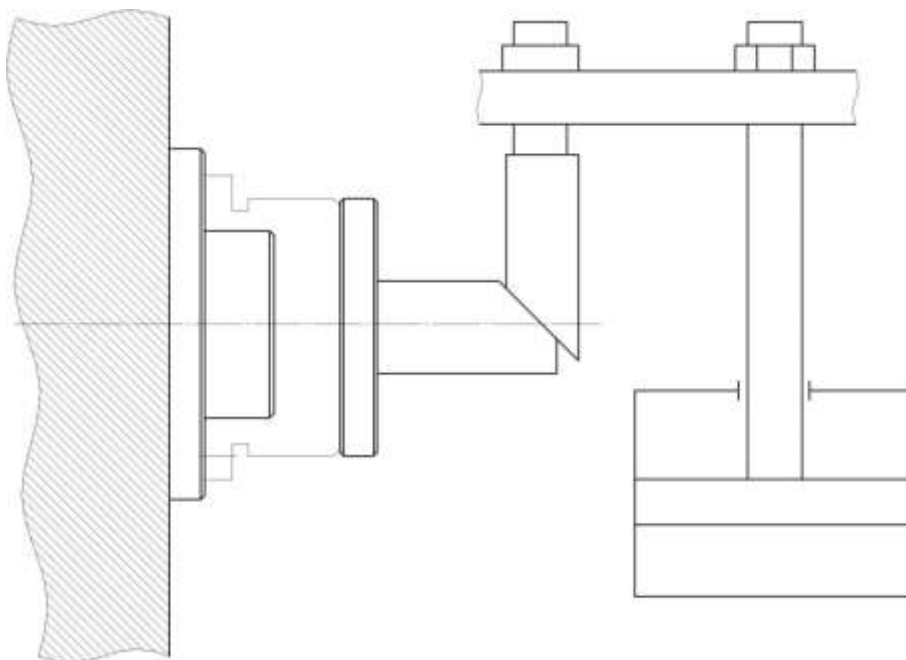


Рисунок 3.3 – Пристрій з клино-плунжерним механізмом

Передаточне відношення клино-плунжерного механізму механізму:

$$i_{\text{кл-пл}} = \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (3.9)$$

Відповідно $W = Q \times i_{\text{кл}}$

Варіант 3 – Пристрій з встановлення деталі на палець і затискання шайбою з використанням мембранного пневмоприводу (рисунок 3.4).

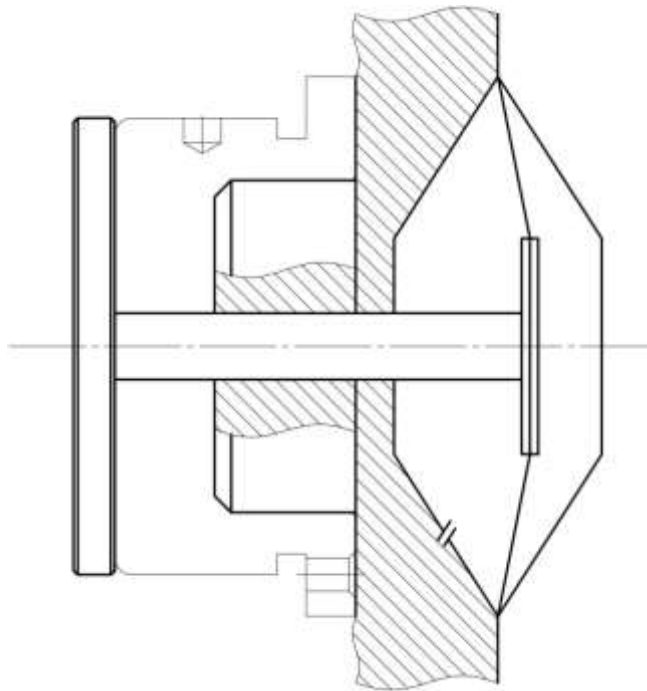


Рисунок 3.4 Пристрій з встановлення деталі на палець и затискання шайбою

Передаточне відношення:

$$i = \frac{S_Q}{S_w} = 1, \quad (3.10)$$

Оскільки відсутні підсилюючі ланки.

Відповідно $W = Q$.

Проведемо порівняльний аналіз вище наведених пристроїв.

Позитивною ознакою пристрою за першим варіантом (рис. 3.2) є простота його виготовлення.

Негативним аспектом даного пристрою є суттєве збільшення масо-габаритних характеристик за рахунок використання пневмоциліндру зворотної дії, який розміщений співвісно з деталлю.

Позитивною ознакою пристрою за другим варіантом (рисунок 3.3) є наявність підсилюючих механізмів. Їх використання дозволяє значно збільшити силу затиску, порівняно з вихідною силою на штоці.

Негативною ознакою пристрою є значне його ускладнення в плані виготовлення та суттєве збільшення масо-габаритних характеристик.

Позитивною ознакою пристрою за третім варіантом (рисунок 3.4) є використання мембранного пневмоприводу, що задовольняє виключення витoku повітря, простота його виготовлення, довговічність діафрагми, суттєво зменшені масо-габаритні характеристики.

Тож зваживши характеристики наведених механізмів вибираємо в якості оптимального третій варіант.

3.4.1 Вибір силового приводу та його розрахунок

В якості силового приводу вибираємо діафрагменний пневмопривід односторонньої дії. Робочий тиск приймаємо 0,4 МПа.

Розрахуємо діаметр, який при заданому тиску забезпечить затиск оброблюваної деталі.

У зв'язку з відсутністю у пристрої підсилюючих ланок, зусилля на штоці приводу визначається за формулою:

$$Q = W. \quad (3.11)$$

Розрахуємо діаметр діафрагми (діаметр «у світлі»).

Діаметр діафрагми визначається з залежності:

$$Q = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - P. \quad (3.12)$$

де p – робочий тиск;

d – діаметр опорної шайби;

$$0,7 d=D; \quad (3.13)$$

P – зусилля поворотна пружини яке знаходиться як:

$$P = \frac{Q}{F} \quad (3.14)$$

де F – площа поршня;

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} = 2009,6 \text{ мм}^2 = 200,96 \text{ см}^2.$$

$$P = \frac{570}{200,96} = 2,8 \text{ МПа}.$$

Тоді,

$$D = \frac{\sqrt{\frac{16Q}{\pi(p-P)}}}{1,7} = \frac{\sqrt{\frac{16 \cdot 570}{\pi(4-2,8)}}}{1,7} = 14,8 \text{ см} = 148 \text{ мм}.$$

Знайдене розрахунковим шляхом значення діаметра діафрагми, округляємо до найбільшого значення із нормального ряду діаметрів, приймаємо – $D = 160 \text{ мм}$.

3.5 Опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою

Затискний пристрій призначений для закріплення деталі стакан підшипника п'яти 0603.72.001 на операції 015 вертикально-свердлильній, яка виконується на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н135.

На даній операції виконується свердління отвору $\varnothing 9^{+0,09} \text{ мм}$.

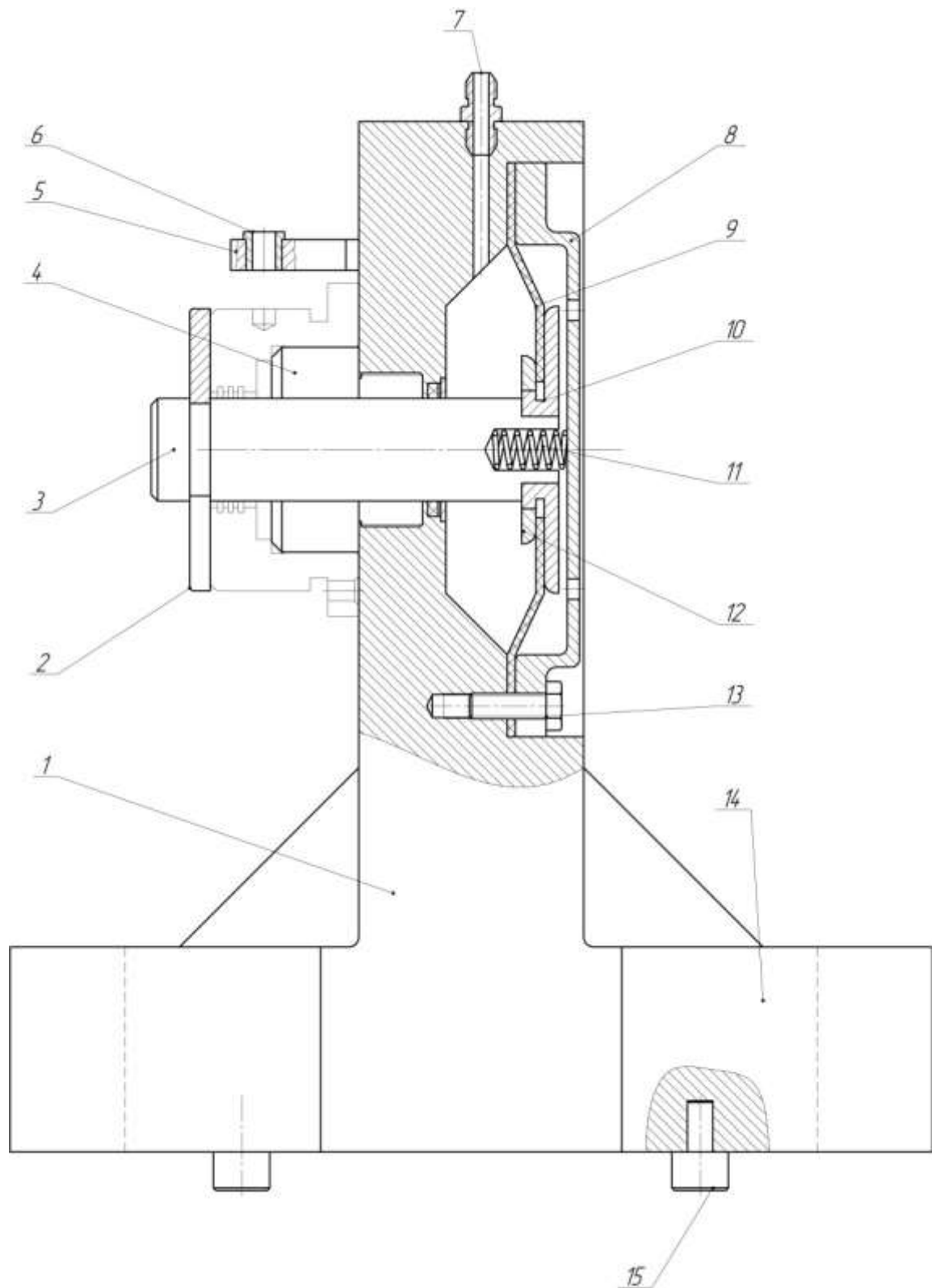


Рисунок 3.5 – Схема затискного пристрою:

- 1 – стойка; 2 – затискна шайба; 3 – шток; 4 – палець; 5 – кондукторна втулка;
 6 – кронштейн; 7 – штуцер; 8 – кришка; 9 – діафрагма; 10 – опорна шайба;
 11 – зворотна пружина; 12 – центральна гайка; 13 – болти; 14 – плита;
 15 – направляючі шпонки.

Затискний пристрій складається з стойки 1 яка приварена до плити. Плита кріпиться до стола за допомогою болтів і направляючих шпонок. На стойці 1 з одного боку кріпиться палець, через який проходить шток 3, на якому знаходиться затискна шайба. З іншої сторони знаходиться пневмо камера в ній розташовані діафрагма 9 яка закрита кришкою 8 и прикріплена болтами 13 до стойки.

Затискний пристрій працює наступним чином. Деталь встановлюється на палець, і на шток одягається затискна шайба. Стиснуте повітря подається в камеру через штуцер 7, тисне на діафрагму і переміщує опорну шайбу 10 з штоком 3, на якому з іншої сторони надягнута затискна шайба. Таким чином затискає деталь. Далі відбувається свердління отвору. Після обробки отвору, повітря виходить під дією зворотної пружини 11 і разом з опорною шайбою і діафрагмою повертається в початкове положення.

3.6 Розрахунок слабких ланок затискного пристрою

До слабких ланок розробленого затискного пристрою належать ланки, які найбільш навантажені силами, які утворює силовий привід, а саме: шток і різьбова поверхня штока.

У штоці під час закріплення на нього поршня виникає розтяг у різьбовому з'єднанні.

Умова міцності по напрямку розтягу стержня має вигляд:

$$\sigma_p = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p] \quad (3.15)$$

де F – розтягуючи сила (Q);

A – площа поперечного розрізу стержня по різі;

d_1 – внутрішній діаметр різьби (15,294 мм).

Допустиме навантаження можна визначити з залежності:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[s]} \quad (3.16)$$

де σ_T - межа текучості матеріалу;

$[s]$ - коефіцієнт запасу міцності.

$$[\sigma_p] = \frac{400}{4} = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Знаходимо умову міцності:

$$\sigma_p = \frac{4 \times 570}{3,14 \times 46^2} = 0,343 \text{ Н/мм}^2.$$

Виходячи з розрахунку $\sigma_p < [\sigma_p]$. Тому умова міцності виконується.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена конструкторській підготовці виготовлення стакану підшипника п'яти, який є складовою частиною підвіски лафетів.

1. В роботі було проведено аналіз точності та технологічності конструкції деталі та розроблено маршрутний технологічний процес обробки стакану підшипника п'яти.

2. Виконано розробку структури та змісту технологічної операції з розробкою теоретичної схеми базування та визначення похибки базування.

3. Проведено розрахункові дії стосовно точності затискного пристрою та виконані розрахунки сил затиску.

4. Розроблено кресленик загального виду затискного пристрою для обробки стакану підшипника п'яти на вертикально-свердлильній операції. Створено 3D модель зазначеного пристрою. Виконано опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою та проведено розрахунок слабких ланок.

5. Розроблено кресленики зі схемами механічної обробки та схеми включення пневмоприводу в мережу стиснутого повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи : спец. 131 Прикладна механіка / [уклад. : 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. – Режим доступу: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/15701>
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : посібник. Львів : Світ, 2001. 296 с.
3. Pavlenko I. I. Robotic technological complexes: monograph / I. I. Pavlenko, V. A. Mazhara; under the editorship I. I. Pavlenko. – Кропивницький: KOD, 2019. – 382 p.
4. Проектування затискних пристроїв та оснащення : метод. рекомендації до виконання самостійної роботи здобувачами вищої освіти галузі знань 13 «Механічна інженерія» / [уклад. : В. А. Мажара, А. М. Артюхов, С. А. Тененика] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 44 с. – Режим доступу: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13759>
5. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / К. К. Щербина та ін., – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 16 с.
6. Боровик О. В., Малашин М. О. Довідник з креслення. Стандарти ISO : навчально-методичний посібник. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2014. 104 с.
7. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої : навч. посіб. Київ : «Кондор», 2008. 220 с.

8. Мажара В.А. Визначення кутів повороту ведучих ланок адаптивного захватного пристрою / Мажара В.А., Годунко М.О, Кислун О.А. // Збірник наукових праць КНТУ / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 27 – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 28 – 33.

9. Мажара В.А., Павленко І.І. Дослідження умов зміни захватів місцями в робочій зоні верстату // Збірник наукових праць КНТУ / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 21 – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 150 – 154.

10. Основи гнучкого автоматизованого виробництва : метод. вказ. до викон. самостійної роботи : студ. спец. "Прикладна механіка" / [уклад. : В. А. Мажара, М. О. Годунко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 32 с. – Режим доступу: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/9037>

11. Технологічне оснащення : метод. вказ. до викон. курсового проекту / [уклад. : І. І. Павленко, В. А. Мажара] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017. – 36 с. – Режим доступу: <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/8429>

12. Розробка методики силового розрахунку вертикально орієнтованого захватного пристрою / М. О. Годунко, О. А. Кислун, В. А.Мажара [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 7(38). - Ч. 2. - С. 27-33.

13. Павленко, І. І. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів / І. І. Павленко, В. А. Мажара // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – Вип. 17. – С. 131–137.