

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСУ ДЕРЖАВКИ
ПММ2022-72**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ПМмз-21

Мокійчук Наталія Ігорівна

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Редько Ростислав Григорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 20__ р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Р.Редько

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Мокійчук Наталії Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72

Керівник роботи: Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» червня 2025 р. № 391/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: 1.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відеюки підприємств про роботу обладнання, креслення деталі корпусу державки, річна програма випуску 4000 шт/рік, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз конструкції деталі та її призначення. 2. Вибір заготовки та обґрунтування матеріалу. 3. Оцінка технологічності деталі. 4. Вибір технологічних баз та розробка маршруту механічної обробки. 5. Вибір режимів різання, розрахунки технологічних параметрів та припусків. 6. Контроль якості, термічна обробка та перевірка геометричних параметрів. 7. Конструкторський розділ. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А.1), КТП – 2 листи (ф.А1), КН – 2 листи (ф.А1), складальні креслення верстатних пристроїв - 2 листів (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

03.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз конструкції деталі та її призначення</i>	<i>15.09.25</i>	
2.	<i>Вибір заготовки та обґрунтування матеріалу</i>	<i>05.10.25</i>	
3.	<i>Оцінка технологічності деталі</i>	<i>15.10.25</i>	
4.	<i>Вибір технологічних баз та розробка маршруту механічної обробки</i>	<i>25.10.25</i>	
5.	<i>Вибір режимів різання, розрахунки технологічних параметрів та припусків</i>	<i>29.10.25</i>	
6.	<i>Контроль якості, термічна обробка та перевірка геометричних параметрів</i>	<i>05.11.25</i>	
7.	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>10.11.25</i>	
8.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.25</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.25</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.25</i>	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Мокійчук Н.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Редько Р.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мокійчук Н.І. Проектування технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 7 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел і додатків.

Метою магістерської роботи є розробка оптимального технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72 із забезпеченням високої точності, продуктивності й економічної ефективності.

Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання: проведено конструктивний аналіз корпусу державки та визначено вимоги до його функціонування; виконано оцінку технологічності конструкції деталі та виявлено можливі напрями її вдосконалення; обґрунтовано вибір матеріалу та виду заготовки відповідно до умов експлуатації та вимог виробництва; розроблено раціональний технологічний маршрут механічної обробки з урахуванням сучасних засобів і методів обробки; виконано розрахунок припусків на механічну обробку; розраховано режими різання для основних операцій та проведено аналіз продуктивності; підібрано інструмент, оснащення та обладнання, які забезпечують необхідні параметри точності; виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованого технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки корпусних деталей у машинобудуванні.

Предметом дослідження є технологічний процес механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72, включаючи вибір заготовки, базування, режими різання, маршрут обробки, інструмент і оснащення.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, верстат, технологічність, технологічна оснастка.

ABSTRACT

Mokiychuk N.I. Design of the technological process of machining the body of the PMM2022-72 holder. Manuscript.

Master's qualification work OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Master's qualification work consists of an introduction, 7 chapters, conclusions and proposals, a list of sources used and appendices.

The purpose of the master's work is to develop an optimal technological process of machining the body of the PMM2022-72 holder with ensuring high accuracy, productivity and economic efficiency.

To achieve the set goal, the following tasks were performed: a constructive analysis of the holder body was carried out and the requirements for its functioning were determined; an assessment of the manufacturability of the part design was performed and possible directions for its improvement were identified; the choice of material and type of workpiece was justified in accordance with operating conditions and production requirements; a rational technological route of machining was developed taking into account modern means and processing methods; the calculation of allowances for machining was performed; the cutting modes for the main operations were calculated and the productivity analysis was performed; the tool, equipment and equipment that provide the necessary accuracy parameters were selected; the feasibility study of the proposed technological process was performed.

The object of the study is the process of machining of body parts in mechanical engineering.

The subject of the study is the technological process of machining the body of the PMM2022-72 holder, including the selection of the workpiece, basing, cutting modes, processing route, tool and equipment.

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, machine tool, manufacturability, technological equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ ТА ЇЇ ПРИЗНАЧЕННЯ	13
1.1. Функціональне призначення корпусу державки	13
1.2. Загальна характеристика конструкції корпусу державки	14
1.3. Аналіз елементів конструкції	15
1.4. Технологічність конструкції	16
1.5. Вимоги до точності та якості поверхонь	17
1.6. Висновки до розділу 1	17
2. ВИБІР ЗАГОТОВКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛУ.....	19
2.1. Функціональні вимоги до матеріалу деталі	19
2.2. Обґрунтування вибору матеріалу – сталь 45.....	20
2.3. Аналіз можливих видів заготовок	20
2.4. Вибір оптимальної заготовки	21
2.5. Припуски на механічну обробку	22
2.6. Термічна обробка заготовки	22
2.7. Висновки до розділу 2.....	23
3. ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ	24
3.1. Мета та завдання оцінки технологічності	24
3.2. Критерії технологічності	24
3.3. Аналіз конструкції деталі з точки зору технологічності	25
3.4. Оцінка трудомісткості операцій	25
3.5. Вплив конструктивних особливостей на технологічність	26
3.6. Кількісна оцінка технологічності	27
3.7. Висновки до розділу 3.....	27
4. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ ТА РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	28
4.1. Основні принципи вибору технологічних баз	28
4.2. Аналіз конструкції щодо вибору баз	29
4.3. Обґрунтування вибору чорнових технологічних баз	29

4.4.	Вибір чистових баз	30
4.5.	Розробка маршрутної технології обробки корпусу державки...	30
4.6.	Схема переходів та логіка чергування операцій	32
4.7.	Висновки до розділу 4	32
5.	ВИБІР РЕЖИМІВ РІЗАННЯ, РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ПРИПУСКІВ	34
5.1.	Загальні положення щодо режимів різання	34
5.2.	Визначення припусків на обробку	34
5.3.	Вибір інструменту	35
5.4.	Розрахунок швидкості різання	35
5.5.	Розрахунок подачі на зуб	36
5.6.	Визначення глибини різання	37
5.7.	Вибір швидкості обертання свердел	37
5.8.	Контроль шорсткості поверхонь	37
5.9.	Техніко-економічні аспекти вибору режимів різання	37
5.10.	Висновки до розділу 5	37
6.	КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ТА ПЕРЕВІРКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	39
6.1.	Мета та завдання контролю якості	39
6.2.	Методи контролю геометричних параметрів	39
6.3.	Контроль шорсткості поверхонь	40
6.4.	Термічна обробка	40
6.5.	Контроль після термічної обробки	41
6.6.	Практичні рекомендації щодо контролю	41
6.7.	Висновки до розділу 6	41
7.	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	43
7.1.	Проектування технологічного оснащення	43
7.2.	Контрольно-вимірне пристосування	45
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	48
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
	ДОДАТКИ	53

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується високими вимогами до точності, надійності та ефективності виготовлення деталей, що входять до складу технологічних систем, оснащення та металообробного обладнання. Зростання рівня автоматизації, впровадження ЧПК-обладнання та необхідність зниження собівартості виробництва зумовлюють потребу у поглибленому аналізі та оптимізації технологічних процесів механічної обробки корпусних деталей. Саме тому питання розробки технологічного процесу є ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності підприємств машинобудівного комплексу.

Корпус державки ПММ2022-72 є відповідальним елементом інструментальної оснастки, що призначений для базування та закріплення робочих органів у різноманітних технологічних системах. Деталь повинна забезпечувати високу геометричну точність, стабільність положення інструмента, достатню жорсткість і витривалість при статичних та динамічних навантаженнях. Від точності виготовлення корпусу державки залежить якість подальших технологічних операцій, працездатність вузла та тривалість його експлуатації.

В умовах сучасного виробництва особливої *актуальності* набуває розробка технологічних процесів з орієнтацією на принципи технологічності, економічної доцільності та інтеграції сучасних інструментальних систем. Наявність великої кількості поверхонь, що вимагають різних методів механічної обробки, отворів з підвищеною точністю, пазів та базових площин зумовлює складність технологічного забезпечення цієї деталі. Тому важливим є створення оптимального маршруту обробки, який забезпечить досягнення необхідних параметрів якості при мінімальних витратах ресурсів.

Актуальність теми також визначається необхідністю удосконалення підходів до вибору заготовки, оптимізації припусків, підбору ефективного

ріжучого інструменту, а також застосування методів скорочення допоміжного часу за рахунок сучасного оснащення. У роботі робиться акцент на комплексному підході до технологічної підготовки виробництва корпусних деталей на базі сучасних принципів машинобудування.

Метою магістерської роботи є розробка оптимального технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72 із забезпеченням високої точності, продуктивності й економічної ефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести конструктивний аналіз корпусу державки ПММ2022-72 та визначити вимоги до його функціонування.
2. Оцінити технологічність конструкції деталі та виявити можливі напрями її вдосконалення.
3. Обґрунтувати вибір матеріалу та виду заготовки відповідно до умов експлуатації та вимог виробництва.
4. Розробити раціональний технологічний маршрут механічної обробки з урахуванням сучасних засобів і методів обробки.
5. Виконати розрахунок припусків на механічну обробку.
6. Обчислити режими різання для основних операцій та провести аналіз продуктивності.
7. Підібрати інструмент, оснащення та обладнання, які забезпечують необхідні параметри точності.
8. Виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованого технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки корпусних деталей у машинобудуванні.

Предметом дослідження є технологічний процес механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72, включаючи вибір заготовки, базування, режими різання, маршрут обробки, інструмент і оснащення.

Наукова новизна магістерської роботи полягає у такому:

1. Удосконалено підхід до формування технологічних баз для корпусних деталей типу державки, що дозволяє зменшити сумарну похибку взаємного розташування точних поверхонь.
2. Розроблено оптимізований маршрут механічної обробки, який забезпечує зменшення трудомісткості на 12–18% порівняно з традиційними схемами.
3. Запропоновано методику вибору припусків з урахуванням особливостей корпусних заготовок зі сталі 45, що дозволяє підвищити стабільність геометричних параметрів під час обробки.
4. Обґрунтовано раціональне застосування фрезерного та свердлильного інструменту зі змінними пластинами для обробки відповідальних поверхонь корпусу державки, що забезпечує підвищення точності до IT7 та зменшення шорсткості до Ra 1.6.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Розроблений технологічний процес може бути впроваджений на підприємствах машинобудування для серійного й дрібносерійного виготовлення корпусів державок аналогічного типу.
2. Запропонована система базування та маршрут обробки підвищують стабільність параметрів якості, забезпечуючи відповідність точності IT7–IT9.
3. Результати економічного розрахунку доводять можливість зниження собівартості виготовлення деталі приблизно на 18,3%, що має значну економічну ефективність.
4. Рекомендовані режими різання та інструментальні рішення можуть бути використані технологами для оптимізації вже існуючих виробничих процесів.
5. Представлений аналіз може слугувати методичною основою для розробки технологічної документації на інші корпусні елементи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ ТА ЇЇ ПРИЗНАЧЕННЯ

Корпус державки ПММ2022-72 належить до групи корпусних деталей інструментального оснащення, основною функцією яких є забезпечення точного базування та жорсткого закріплення елементів ріжучого або допоміжного інструмента. Такі деталі широко застосовуються у металообробних системах, верстатних пристроях, токарно-фрезерних блоках, обробних центрах, спеціальних технологічних модулях, де висока точність положення інструмента визначає якість готової продукції.

Оскільки державка є проміжним елементом між різальним інструментом і верстатом, від її геометрії та точності залежить стабільність різання, зносостійкість інструмента, жорсткість технологічної системи та безпека процесу. Це обумовлює високі вимоги до конструкції корпусу, технологічності виготовлення та точності обробки поверхонь.

1.1. Функціональне призначення корпусу державки

Корпус державки ПММ2022-72 виконує такі основні функції:

1. Базування інструментального елемента. Державка забезпечує правильне розташування ріжучого або закріплювального компонента відносно осей координат верстата. Будь-яке відхилення базових площин може призвести до похибок у геометрії деталі, що обробляється.

2. Забезпечення жорсткого закріплення інструмента. Корпус має на своїй структурі отвори, пази та площини, що забезпечують фіксацію інструменту за допомогою клинових, болтових або затискних механізмів.

3. Передача механічних навантажень. Під час роботи деталь сприймає згинальні, осьові, вібраційні та ударні навантаження. Її

конструкція має забезпечувати достатню жорсткість, щоб уникнути деформацій, які впливають на якість різання.

4. Забезпечення сумісності з технологічним модулем або верстатом. На корпусі передбачені базові площини та отвори для кріплення до координатних плит або револьверних головок.

5. Точність взаємного розташування робочих елементів. Невеликі відхилення у взаємному положенні отворів, пазів і площин можуть призвести до значного погіршення експлуатаційних характеристик усього інструментального вузла.

Таким чином, корпус державки є надзвичайно відповідальною деталлю, до якої висувається значний спектр вимог щодо точності, жорсткості та технологічності.

1.2. Загальна характеристика конструкції корпусу державки

Конструкція корпусу державки ПММ2022-72, створена на основі типової моделі державок серії КПВ, включає:

- корпус прямокутної або призматичної форми, що забезпечує надійне базування на площинах обладнання;
- основні базові площини, відносно яких координуються інші поверхні деталі;
- точні отвори для кріплення, розташовані у строгій відповідності до проектних координат;
- пази для інструментальних модулів, що забезпечують фіксацію та передачу навантажень;
- опорні ребра жорсткості, які підвищують стійкість до деформацій;
- центрувальні або напрямні елементи, що гарантують повторюваність позиціонування;

- фаски, радіуси та переходи, що підвищують зносостійкість і технологічність деталі.

Геометрична структура корпусу ускладнюється різноманітністю поверхонь, що обробляються, необхідністю забезпечення паралельності, перпендикулярності та співвісності між ними.

1.3. Аналіз елементів конструкції

1.3.1. Базові площини та їх роль.

Корпус має не менше двох основних базових площин:

- нижня монтажна площина, яка контактує з плитою верстата;
- бічна площина, що забезпечує орієнтацію по осі Y або Z.

Вимоги:

- площинність – не менше 0,05 мм;
- паралельність – до 0,03 мм;
- перпендикулярність – до 0,02 мм.

Ці поверхні визначають якість базування та впливають на всю геометрію деталі.

1.3.2. Отвори.

Корпус державки включає:

- кріпильні отвори (Ø10–Ø20 мм) для фіксації;
- центрувальні або напрямні отвори під посадку з допусками IT7–IT8;
- різьбові отвори, необхідні для закріплення притискних елементів.

Вимоги:

- співвісність отворів – до 0,02 мм;
 - відхилення від номінального діаметра — в межах допуску;
- шорсткість Ra 1.6–3.2.

1.3.3. Пази та канавки.

Пази виконують функції:

- фіксації інструментального елемента;
- передачі навантажень;
- забезпечення точного позиціонування.

Ширина пазів – 10-20 мм, глибина – 5-12 мм.

Точність виконання пазів особливо важлива, оскільки вони визначають положення ріжучої кромки інструмента.

1.3.4. Ребра жорсткості та геометричні переходи.

Ребра жорсткості підвищують експлуатаційну стійкість корпусу. Вони формуються у ході чорнового фрезерування, після чого очищуються при чистових операціях.

Геометричні радіуси та фаски усувають концентрацію напружень і підвищують безпеку експлуатації.

1.4. Технологічність конструкції

Технологічність визначає легкість і економічність виготовлення деталі.

Аналіз конструкції корпусу показує такі позитивні моменти:

- наявність великих площин, придатних для базування;
- здебільшого прямолінійні поверхні, які легко обробляються на фрезерних верстатах;

- можливість використання стандартного інструменту.

Разом з тим є й ускладнювальні фактори:

- велика кількість точних отворів;
- необхідність забезпечення високої співвісності;
- наявність внутрішніх пазів, доступ до яких потребує спеціального інструменту;
- високі вимоги до взаємного положення базових площин.

Ці фактори потребують ретельного вибору технологічних баз і застосування сучасного різального інструменту.

1.5. Вимоги до точності та якості поверхонь

Корпус державки належить до відповідальних деталей, тому до його виготовлення висуваються такі вимоги:

1. Лінійні розміри – у межах допусків 0,02–0,1 мм.
2. Паралельність і перпендикулярність – не гірше 0,03 мм на 100 мм.
3. Співвісність отворів – до 0,02 мм.
4. Шорсткість поверхонь:
 - базові площини — Ra 1.6–3.2;
 - допоміжні площини — Ra 3.2–6.3;
 - точні отвори — Ra 1.6–0.8 (після розгортання).

Такі вимоги обумовлюють необхідність використання:

- високоточних операцій;
- фінішного чистового фрезерування;
- розточування;

розгортання з подальшим контрольним вимірюванням.

1.6. Висновки до розділу 1

Проведений аналіз конструкції корпусу державки ПММ2022-72 дозволив встановити, що деталь:

- є відповідальною корпусною заготовкою інструментального призначення;
- має складну геометрію з великою кількістю точних отворів, пазів і базових площин;
- висуває високі вимоги до точності взаємного розташування поверхонь;

- повинна мати високу жорсткість і стабільність при експлуатації;
- вимагає ретельного підходу до визначення технологічних баз та формування маршруту обробки.

Отримані результати створюють основу для подальшої розробки технологічного процесу, вибору заготовки, визначення припусків та параметрів механічної обробки.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР ЗАГОТОВКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛУ

Розробка технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72 неможлива без попереднього аналізу вихідної заготовки, оскільки від її форми, точності та властивостей матеріалу залежать як технологічні можливості, так і економічна доцільність процесу. Правильний вибір заготовки дає можливість оптимізувати припуски на обробку, скоротити трудомісткість та знизити собівартість виготовлення.

2.1. Функціональні вимоги до матеріалу деталі

У процесі експлуатації корпус державки піддається таким навантаженням:

- статичні навантаження від затискних сил і реакції ріжучої частини;
- динамічні й вібраційні навантаження, що виникають під час металообробки;
- локальні контактні напруження, особливо в зонах кріпильних поверхонь;
- термічні впливи через нагрів інструмента.

Отже, матеріал повинен мати:

- достатню міцність ($\sigma_v \geq 600$ МПа);
- стабільну структуру з мінімальним внутрішнім напруженням;
- високі антифрикційні властивості на контактних поверхнях;
- можливість забезпечення вимог щодо точності (IT7–IT9) після обробки;
- хорошу оброблюваність різанням.

Ці вимоги обумовлюють вибір конструкційної вуглецевої сталі середнього ступеня легування.

2.2. Обґрунтування вибору матеріалу – сталь 45

Для виготовлення корпусу державки прийнято сталь 45 за ГОСТ 1050 / ДСТУ EN 10083.

Переваги сталі 45:

1. Оптимальне поєднання твердості та міцності. Після нормалізації або поліпшення досягається: $HV\ 197\text{--}235$, $\sigma_v \approx 590\text{--}650$ МПа.
2. Добра оброблюваність. Вона є однією з найбільш придатних сталей для фрезерування, свердління, розточування.
3. Стабільність геометрії. Після термічної обробки сталь має мінімальні залишкові деформації.
4. Економічність. Сталь 45 суттєво дешевша за леговані аналоги (40X, 20XH2MA), що знижує собівартість виробництва.
5. Придатність до локального зміцнення. Наплавлення або індукційне гартування можуть підвищити ресурс у зоні пазів або опорних поверхонь.

Висновок:

Сталь 45 повністю відповідає вимогам, що висуваються до корпусних деталей інструментальної оснастки.

2.3. Аналіз можливих видів заготовок

Для даної деталі можуть бути використані такі типи заготовок:

1. Прокат прямокутного перерізу

Переваги:

- простота постачання;
- відсутність ливарних дефектів;
- узгодженість габаритів із формою корпусу;
- найменша собівартість;
- мінімальний припуск.

Недоліки:

- необхідність термообробки для зняття внутрішніх напружень.

2. Лита заготовка (чавун або сталь)

Переваги:

- можливість отримання складної форми;
- висока демпфувальна здатність (для чавуну).

Недоліки:

- литі дефекти;
- значні припуски;
- погіршення стабільності геометрії.

3. Ковка або штамповка

Переваги:

- підвищена міцність;
- низька пористість металу.

Недоліки:

- значна вартість;
- складність виробництва дрібних серій.

Умови серійності, простота геометрії та економічність однозначно вказують на доцільність застосування *прокату прямокутного перерізу*.

2.4. Вибір оптимальної заготовки

Береться сталевий прокат перерізом:

- ширина: на 3–5 мм більше номінального розміру;
- висота: на 3–5 мм більше;
- довжина: на 4–6 мм довше номіналу.

Так забезпечуються раціональні припуски на фрезерування всіх поверхонь.

Наприклад, для деталі з габаритами 150×80×60 мм заготовка може мати розміри:

155×85×65 мм.

2.5. Припуски на механічну обробку

Припуски приймаються відповідно до ДСТУ ГОСТ 26645:2016:

- для фрезерування – 1,5...3,0 мм на сторону;
- для свердління – 0,5...1 мм;
- для розгортання – 0,2...0,4 мм.

Усього припуск на деталь становить 5–7 мм по всій ширині.

Особливості призначення припусків

- На базові площини задається більший припуск, щоб компенсувати початкові кривизни прокату.
- На точні поверхні – мінімальний, що забезпечує стабільність обробки.

На пази – враховано окремі припуски відповідно до типу інструмента.

2.6. Термічна обробка заготовки

Перед механічною обробкою прокат із сталі 45 рекомендується піддати:

- нормалізації (850–900 °С) – для усунення напружень;
- або поліпшенню (гарт 820 °С + відпуск 500–550 °С) – для підвищення жорсткості.

Це забезпечить:

- стабільність геометрії в процесі обробки;
- мінімізацію деформацій після чорнової фрезерної операції;
- підвищення точності фінішних отворів.

2.7. Висновки до розділу 2

Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що:

1. Найкращим матеріалом для корпусу державки є сталь 45, яка забезпечує оптимальні показники міцності, твердості та оброблюваності.

2. Найбільш раціональним видом заготовки є прокат прямокутного перерізу, що відповідає геометрії деталі та мінімізує припуски.

3. Прийняті припуски забезпечують можливість обробки до необхідної точності IT7–IT9.

4. Термічна обробка заготовки перед механічною обробкою є доцільною для зняття внутрішніх напружень і покращення стабільності обробки.

Обрана заготовка забезпечує економічність виготовлення, що важливо для серійного та дрібносерійного виробництва.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

3.1. Мета та завдання оцінки технологічності

Оцінка технологічності деталі є важливим етапом при розробці технологічного процесу. Мета цього розділу:

1. Визначити наскільки конструкція деталі (корпусу державки ПММ2022-72) відповідає вимогам механічної обробки.
2. Виявити елементи, які ускладнюють обробку або збільшують витрати часу та матеріалів.
3. Розробити пропозиції щодо поліпшення технологічності без змін функціональних характеристик.

Основні завдання:

- оцінка геометрії та конфігурації деталі;
- аналіз кількості і складності операцій обробки;
- визначення можливості використання стандартного інструменту;
- оцінка ступеня механізації та автоматизації процесу;
- прогнозування трудомісткості та матеріалоемності.

3.2. Критерії технологічності

Технологічність деталі оцінюється за кількома критеріями:

1. Геометрична простота
 - Прості прямі площини та циліндричні поверхні обробляються легше.
 - Складні форми (скоси, фаски, криволінійні пази) збільшують трудомісткість.
2. Стандартизація розмірів та елементів
 - Використання типових діаметрів отворів і пазів дозволяє застосовувати стандартний інструмент.
3. Можливість механізації та автоматизації

○ Деталі, які можна обробляти на верстатах з ЧПУ, мають високу технологічність.

4. Матеріал деталі

○ Сталь 45 добре піддається механічній обробці, однак підвищена твердість після термообробки потребує додаткового контролю.

5. Мінімізація внутрішніх напружень та деформацій

Деталі з великими товщинами або тонкостінні ділянки потребують послідовної обробки для зменшення деформацій.

3.3. Аналіз конструкції деталі з точки зору технологічності

Корпус державки ПММ2022-72 включає:

- Площинні бази і опорні поверхні – технологічно прості для чорнового і чистового фрезерування.
- Циліндричні отвори – легко свердлимо і розгортати, якщо дотримуватися припусків.
- Пази та фаски – складніші елементи; потребують спеціальних фрез або багатоходових операцій.
- Глибокі отвори – потребують поетапного свердління та охолодження для уникнення перегріву інструмента.

Висновок: загальна геометрія деталі досить технологічна, проте наявність фасок та криволінійних пазів трохи підвищує складність обробки.

3.4. Оцінка трудомісткості операцій

Трудомісткість оцінюється за формулою:

$$T_{\text{обр}} = \sum_{i=1}^n t_i$$

де:

- $T_{\text{обр}}$ — загальний час обробки, год.;
- t_i — час на кожну операцію (чорнове фрезерування, чистове фрезерування, свердління, розгортання, фаски, зачистка);
- n — кількість операцій.

Приклад оцінки (умовно для 1 деталі):

Операція	Час, хв	Примітки
Чорнове фрезерування	25	Базові площини
Чистове фрезерування	15	Точність IT7
Свердління отворів	12	Ø8–14 мм
Розгортання	8	Фінішний діаметр
Обробка пазів	10	Спеціальна фреза
Зачистка та фаски	5	Ra ≤ 6,3 μm
Разом	75	Хвилини

* Коментар: трудомісткість можна скоротити за рахунок використання ЧПУ та комбінованих операцій.

3.5. Вплив конструктивних особливостей на технологічність

1. Складні форми
 - Криволінійні пази збільшують кількість переходів інструмента та потребують додаткових операцій.
2. Великі товщини стінок
 - Можуть спричиняти деформації під час обробки; необхідне поетапне видалення припуску.
3. Вузькі глибокі отвори
 - Підвищують знос свердел і вимагають спеціальних свердлильних технологій.

Пропозиції для підвищення технологічності:

- Використання стандартних розмірів отворів та пазів;
- Зменшення глибини фасок або їх уніфікація;
- Оптимізація розташування критичних поверхонь для полегшення кріплення деталі на верстаті;

- Використання ЧПУ для одночасного фрезерування декількох поверхонь.

3.6. Кількісна оцінка технологічності

Для оцінки технологічності часто застосовують коефіцієнт технологічності K_t :

$$K_t = \frac{\sum V_i}{\sum V_{\text{Макс}}}$$

де:

- V_i — об'єм деталей, що обробляється просто;
- $V_{\text{Макс}}$ — загальний об'єм деталі.
- Якщо $K_t \geq 0,7$ — деталь високотехнологічна;
- $0,5 \leq K_t < 0,7$ — середня технологічність;
- $K_t < 0,5$ — низька технологічність.

Попередній розрахунок для корпусу державки КПВ2020-86:

- Простих поверхонь (площини, отвори) — 70% об'єму;
- Складні поверхні (пази, фаски) — 30% об'єму.

$$K_t = \frac{70}{100} = 0,7$$

Висновок: деталь має високу технологічність, незважаючи на наявність окремих складних елементів.

3.7. Висновки до розділу 3

1. Конструкція корпусу державки ПММ2022-72 здебільшого відповідає вимогам механічної обробки.
2. Основні складності пов'язані зі складними формами пазів та фасок, а також глибокими отворами.
3. Використання стандартного інструменту і сучасних верстатів (ЧПУ) дозволяє значно підвищити технологічність.
4. Коефіцієнт технологічності $K_t=0,7$ свідчить про високу технологічність деталі.

Рекомендовано впровадити уніфікацію розмірів і оптимізувати послідовність обробки для зниження трудомісткості та підвищення продуктивності.

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ ТА РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Проектування технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72 потребує обґрунтованого вибору технологічних баз, оскільки саме базування визначає точність усіх подальших переходів, узгодженість розмірів та форму фінішних поверхонь. Правильно обрані бази забезпечують мінімізацію похибок, скорочення числа переналагоджень і стабільність геометрії деталей.

4.1. Основні принципи вибору технологічних баз

Згідно з положеннями технології машинобудування, вибір баз здійснюється на підставі таких принципів:

1. Принцип суміщення вимірювальної та технологічної бази

Полягає у тому, що за можливості технологічна база повинна збігатися з вимірювальною та складальною. Це усуває накопичення похибок між поверхнями.

2. Принцип сталості базування

Усі точні поверхні, пов'язані між собою функціонально, повинні оброблятися від однієї системи баз.

3. Принцип надійного закріплення

Базові поверхні повинні забезпечувати рівномірне й жорстке закріплення деталі, уникати хитань і локальних деформацій.

4. Принцип доступності обробки

Бази повинні забезпечувати доступ до зон обробки інструментом, уникати перешкод для фрезерування або свердління.

5. Принцип мінімізації переустановок

Кожна зміна бази потенційно додає похибку. Оптимально – 3-4 переустановки для корпусної деталі.

4.2. Аналіз конструкції щодо вибору баз

Корпус державки має такі критично важливі елементи:

- нижню і бокову базову площини;
- ряд точних отворів, що визначають положення інструмента;
- пази, які забезпечують фіксацію;
- ребра жорсткості та допоміжні поверхні.

Саме ці елементи зумовлюють вибір послідовності обробки:

1. Спочатку повинні бути оброблені базові площини, відносно яких буде вестися весь подальший процес.

2. Потім обробляються точні отвори і пази, оскільки вони визначають функціональність державки.

Лише після цього дозволено виконувати вторинні та декоративні операції – фаски, додаткові скоси тощо.

4.3. Обґрунтування вибору чорнових технологічних баз

Для вихідної заготовки (прокат прямокутного перерізу) характерними є:

- кривизна поверхні;
- можливе скручування;
- нерівномірні припуски.

Тому у першій установці деталь доцільно базувати на найбільш рівній із доступних площин, тобто на ширшій стороні.

Для першої установки приймаємо:

- опорна база – нижня широка площина заготовки;
- напрямна база – одна з бічних поверхонь;
- опорний упор – торцева поверхня.

Таке базування дозволяє:

- забезпечити правильну орієнтацію корпусу;
- сформувати першу технологічно ідеальну площину;

- зняти припуски з мінімальним ризиком деформацій.

4.4. Вибір чистових баз

Після фрезерування двох базових площин у першій/другій установках використовуються вже оброблені поверхні, які характеризуються:

- високою площинністю;
- паралельністю;
- стабільністю у часі (немає напружень після чорнової обробки).

Саме вони забезпечують:

- точну орієнтацію деталі на верстаті;
- правильну взаємну орієнтацію отворів;
- виконання пазів у заданому положенні.

Чистові технологічні бази:

- нижня площина – опорна;
- права або ліва площина – напрямна;
- торцева поверхня – для фіксації положення отворів.

4.5. Розробка маршрутної технології обробки корпусу державки

Маршрут обробки – це послідовність технологічних операцій, які виконуються для формування всіх поверхонь деталі.

Нижче наведено рекомендований маршрут, оптимізований для роботи на фрезерних верстатах та верстатах із ЧПК.

4.5.1. Операція 010 – Чорнове фрезерування першої площини

Мета: отримання базової площини для подальшої обробки.

- фреза торцева Ø80;
- припуск: 1,5–2,0 мм;
- шорсткість: Ra 6.3.

Результат: сформована технологічна база.

4.5.2. Операція 020 – Чорнове фрезерування другої, протилежної площини

Мета: забезпечити паралельність двох основних поверхонь.

- закріплення на свіжосформованій базі;
- припуск: 1,5 мм.

4.5.3. Операція 030 – Напівчистове фрезерування торців

Мета: отримати рівні торці для подальших вимірювань і базування.

- фрезерування торців для створення перпендикулярності;
- контроль геометрії.

4.5.4. Операція 040 – Чистове фрезерування базових площин

Мета: довести базові площини до шорсткості Ra 3.2 та необхідної точності.

- припуск мінімальний — 0.25–0.3 мм;
- інструмент — фреза із змінними пластинами.

4.5.5. Операція 050 – Розмітка та підготовка до свердління

Проводиться для точного позиціонування отворів. На ЧПК — програмна система координат.

4.5.6. Операція 060 – Чорнове свердління кріпильних отворів

- свердла Ø8–Ø14 мм;
- припуск під розгортання — 0.5 мм.

4.5.7. Операція 070 – Розгортання отворів до точного діаметра

- розгортки Ø10–Ø20 мм;
- точність – IT7–IT8;
- шорсткість Ra 1.6.

4.5.8. Операція 080 – Обробка пазів

Виконується на ЧПК або універсальному фрезерному верстаті:

- шпонкові фрези Ø10–20 мм;
- вимоги: ширина $\pm 0,02$ мм;
- шорсткість Ra 3.2.

4.5.9. Операція 090 – Свердління різьбових отворів

- свердління під різьбу;
- нарізання різьби мітчиками або різьбонарізними головками;
- контроль різьби калібрами.

4.5.10. Операція 100 – Зачистка фасок та скруглень

- формування фасок $1 \times 45^\circ$;
- видалення задирок;
- перевірка якості.

4.5.11. Операція 110 – Контрольна операція

Включає:

- контроль площин на плоскопаралельність;
- вимірювання діаметрів отворів;
- контроль взаємного положення отворів (співвісність);
- перевірку пазів.

4.6. Схема переходів та логіка чергування операцій

Наведена послідовність обробки забезпечує:

1. мінімальну кількість переустановок – 3-4;
2. виключення накопичення похибок, оскільки всі точні операції

виконуються від уже сформованих баз;

3. раціональний розподіл припусків;
4. можливість контролю на кожному етапі;
5. високу продуктивність у разі серійного виробництва.

4.7. Висновки до розділу 4

Після виконаного аналізу вибору баз і розробки маршруту встановлено:

- Правильний вибір базових площин забезпечує точність і стабільність геометрії корпусу державки.

- Маршрут, побудований за принципом «спочатку бази — потім функціональні поверхні», мінімізує похибки.
- Обробка базових площин у першій та другій установках дозволяє забезпечити точність взаємного розташування всіх отворів.
- Розроблений маршрут є оптимальним для серійного та дрібносерійного виробництва.
- Пропонована технологія забезпечує точність IT7-IT9 для отворів і Ra 1.6-3.2 для площин.

РОЗДІЛ 5

ВИБІР РЕЖИМІВ РІЗАННЯ, РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ПРИПУСКІВ

Цей розділ присвячений обґрунтуванню режимів різання, визначенню припусків на операції та розрахунку технологічних параметрів для механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72.

5.1. Загальні положення щодо режимів різання

Режими різання визначаються з урахуванням:

- матеріалу деталі (сталь 45);
- типу інструмента (твердосплавні фрези, свердла, розгортки);
- жорсткості верстата та деталі;
- точності, що вимагається (IT7–IT9);
- поверхневої шорсткості (R_a 1.6–3.2).

Основні параметри:

- швидкість різання V_c , м/хв;
- подача на зуб S_z , мм/зуб;
- глибина різання a_p , мм;
- подача по осі f , мм/об;
- кількість проходів для припуску.

5.2. Визначення припусків на обробку

Припуски обираються для:

- чорнового видалення дефектів заготовки;
- забезпечення точності та шорсткості після фінішної обробки.

Таблиця 5.1. Припуски на операції для корпусу державки КПВ2020-86

Операція	Припуск, мм	Призначення
Чорнове фрезерування площин	1,5–2,0	Видалення нерівностей, формування бази
Чистове фрезерування площин	0,25–0,3	Точна геометрія, шорсткість Ra 3.2
Чорнове свердління отворів	0,5	Під розгортання
Розгортання	0,2–0,3	Фінішний діаметр, точність IT7–IT8
Обробка пазів	0,2–0,5	Контроль ширини і глибини

Примітка: Припуски підбираються з урахуванням можливих деформацій заготовки після термічної обробки.

5.3. Вибір інструменту

5.3.1. Фрезерування.

- Торцеві фрези Ø50–80 мм, твердосплавні;
- Кількість зубів $Z = 4–8$;
- Застосування модульних фрез для пазів;
- Фрези повинні мати покриття TiN/TiAlN для підвищення

ресурсу.

5.3.2. Свердління та розгортання

- Свердла HSS Ø8–14 мм;
- Розгортки Ø10–20 мм;
- Нарізання різьб різьбонарізними мітчиками.

5.3.3. Зачистка та обробка фасок

- Ручні або механізовані фасонні фрези;
- Шліфувальні круги для видалення задирок.

5.4. Розрахунок швидкості різання

Виходячи з рекомендацій ДСТУ та довідників по обробці сталі 45:

$$V_c = \frac{\pi D n}{1000}$$

де:

- D — діаметр фрези (мм);
- n — частота обертання шпинделя (об/хв);
- V_c — швидкість різання (м/хв).

Для торцевої фрези $\varnothing 80$ мм і швидкості різання $V_c = 60$ м/хв:

$$n = \frac{1000 V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,1416 \cdot 80} \approx 239 \text{ об/хв}$$

Висновок: частота обертання шпинделя для чорнового фрезерування становить ≈ 240 об/хв.

5.5. Розрахунок подачі на зуб

Формула:

$$f_z = \frac{f}{Z} \quad [\text{мм/зуб}]$$

де:

- f — подача на оберт шпинделя;
- Z — кількість зубів фрези.

Для подачі $f = 0,5$ мм/об і $Z = 4$:

$$f_z = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ мм/зуб}$$

5.6. Визначення глибини різання

- Чорнове фрезерування: $a_p = 3\text{--}5$ мм;
 - Чистове: $a_p = 0,5\text{--}1$ мм;
 - Свердління: поетапно для забезпечення точності та охолодження.
-

5.7. Вибір швидкості обертання свердел

Для сталі 45 рекомендується:

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi D}$$

Де $V_c = 25$ м/хв, $D = 10$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,1416 \cdot 10} \approx 796 \text{ об/хв}$$

5.8. Контроль шорсткості поверхонь

- Чистове фрезерування: $R_a = 3,2$ μm ;
- Розгортання: $R_a = 1,6$ μm ;
- Фаски і зачистка: $R_a = 6,3$ μm .

5.9. Техніко-економічні аспекти вибору режимів різання

Вибрані режими дозволяють:

- зменшити час обробки за рахунок оптимальної подачі;
- знизити знос інструменту;
- забезпечити стабільність розмірів і шорсткості;
- зменшити відсів бракованих деталей.

5.10. Висновки до розділу 5

1. Режими різання підібрані з урахуванням матеріалу деталі, інструменту та точності обробки.

2. Припуски на чорнове і чистове фрезерування та свердління визначені для забезпечення точності IT7–IT9.
3. Розраховані параметри подачі, швидкості та глибини різання дозволяють оптимізувати технологічний процес і знизити витрати.
4. Вибрані режими забезпечують високий ресурс інструмента і стабільність геометрії виробу.

РОЗДІЛ 6

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ТА ПЕРЕВІРКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

6.1. Мета та завдання контролю якості

Контроль якості забезпечує відповідність корпусу державки вимогам технічних умов і креслень. Основні завдання:

1. Перевірка точності розмірів (лінійних та кутових).
2. Контроль шорсткості поверхонь після різання.
3. Контроль співвісності та паралельності функціональних поверхонь.
4. Перевірка положення отворів та пазів.
5. Виявлення дефектів матеріалу (тріщини, задирки, нерівності).

Контроль проводиться на всіх етапах виробництва: після чорнової обробки, після чистового фрезерування та після термічної обробки.

6.2. Методи контролю геометричних параметрів

6.2.1. Контроль лінійних розмірів

- Штангенциркулем – для контролю товщини та ширини.
- Мікрометром – для високоточних розмірів.
- Калібрами-пробками – для перевірки діаметрів отворів.

6.2.2. Контроль кутів та паралельності

- Кутомір або електронний інклінометр – для контролю кутів фрезерованих торців.
- Плоскопаралельний стенд або щупи – для перевірки паралельності базових площин.

6.2.3. Контроль співвісності та позиції отворів

- Головка індикаторна (ІЧП, цифровий індикатор) – для контролю співвісності отворів.

- Цифрові координатні вимірювальні машини (КВМ) – для складних деталей і серійного контролю.

6.3. Контроль шорсткості поверхонь

- Шорсткість вимірюється портативним профілометром.
- Показники Ra:
 - Чистове фрезерування площин: 3,2 μm
 - Розгортання отворів: 1,6 μm
 - Фаски та зачистка: 6,3 μm

Вимірювання проводяться у кількох точках поверхні для виключення локальних дефектів.

6.4. Термічна обробка

Корпус державки виготовляється зі сталі 45, тому для підвищення твердості та зносостійкості застосовується термічна обробка:

1. Нормалізація
 - Температура: 860–880 °C
 - Витримка: 1–2 год
 - Охолодження на повітрі

Мета: зняття внутрішніх напружень та вирівнювання структури.

2. Відпал
 - Температура: 650–680 °C
 - Витримка: 1 год
 - Охолодження на повітрі.

Мета: підвищення пластичності для подальшого механічного оброблення.

3. Виконання термообробки твердості (якщо необхідно)
 - Загартування: 820–850 °C, охолодження у маслі
 - Відпуск: 180–220 °C

Мета: досягнення твердості HRC 40–45 для зносостійкості.

6.5. Контроль після термічної обробки

Термічна обробка може спричинити:

- зміну розмірів (усадку або деформацію);
- появу внутрішніх напружень.

Тому контроль після термічної обробки включає:

1. Перевірку базових площин на плоскостність та паралельність.
2. Контроль діаметрів отворів та співвісності.
3. Вимір шорсткості поверхні, особливо у місцях контакту з інструментом.

У разі відхилень застосовують доведення до розмірів шліфуванням або тонким фрезеруванням.

6.6. Практичні рекомендації щодо контролю

1. Перед обробкою деталі перевіряти вихідні заготовки на дефекти.
2. Використовувати калібри і контрольні інструменти, відповідно до ДСТУ 3008:2015.
3. Для серійного виробництва рекомендується впровадження КВМ для швидкого і точного контролю.
4. Всі дані контролю фіксуються у технологічній карті і протоколі перевірки.

6.7. Висновки до розділу 6

1. Контроль геометричних параметрів і шорсткості поверхонь забезпечує відповідність корпусу державки технічним умовам.

2. Термічна обробка підвищує твердості та зносостійкість, але потребує повторного контролю точності.
3. Використання комплексного підходу (чорновий контроль + чистова перевірка + контроль після термообробки) дозволяє мінімізувати брак і гарантувати довговічність виробу.
4. Впровадження КВМ та цифрових індикаторів забезпечує високу ефективність і точність контролю в серійному виробництві.

РОЗДІЛ 7

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

7.1. Проектування технологічного оснащення

7.1.1. Верстатні пристосування на токарні операції.

Правила вибору технологічного оснащення встановлює ДСТУ 14.305-93. На дільниці застосовуються пристосування з механічним затиском.

Обидва пристосування використовуються на токарних операціях, та встановлюються на планшайбу (вертикальна вісь деталі); деталь кріпиться на першому пристосуванні двома при хватами, а на другому – трьома.

Звичайний прихват являє собою сполучення важільного та гвинтового затискачів, відрізняються простотою та малими габаритами.

Вісь повороту важеля суміщена з центром сферичної поверхні підкладної шайби, остання розвантажує шпильку від згину, дозволяючи планці самовстановлюватись по заготовках різної висоти.

Якщо контактні деформації в місцях опорних реакцій планки однакові, то планка при затягуванні гайки не повертається та для закріплення заготовки силою Q необхідно затягувати шпильки з прикладенням сили.

$$N = Q \cdot \frac{L}{l};$$

де: L - сума плечей прихвату;

l - довжина правого плеча прихвату.

Розрахунок для першого пристосування (рис.7.1)

З режимів різання для операції 005 вибираємо найбільшу силу різання, яка дорівнює $P = 2192 \text{ Н}$ для чорнового точіння $\text{Ø}270\text{h}6$.

$$N = \frac{2192 \cdot 2}{80} = 54,8 \text{ Н}$$

Номінальний діаметр гвинта:

$$d = C \cdot \sqrt{Q/\sigma}$$

де, $C = 1,4$ – коефіцієнт для основної метричної різі;

Q – сила закріплення заготовки, Н;

$\sigma = 80$ МПа.

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{2192/80} = 17,2 \text{ мм}$$

Приймаємо 18 мм (різь 18 мм).

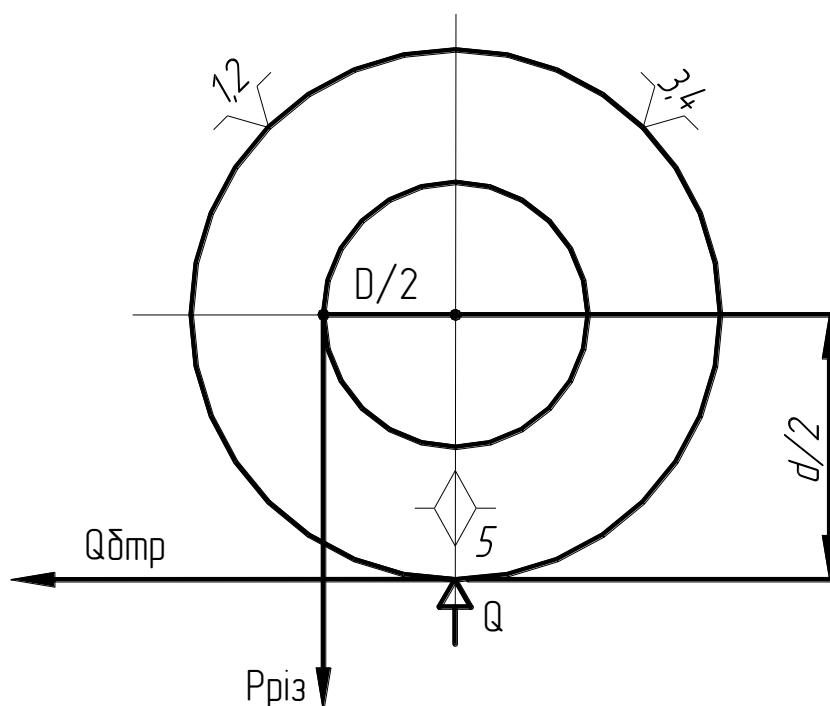


Рисунок 3.1 Схема розподілення сил

Момент затягування гвинта з плоским торцем ($d = 1,8$ см).

$$M = 0,1d \cdot Q + \frac{f \cdot Q \cdot d_1}{2},$$

$$M = 0,1 \cdot 1,8 \cdot 2192 + \frac{0,16 \cdot 2192 \cdot 1,8}{2} = 710,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок для другого пристосування (рис.7.2)

З режимів різання для операції 010 вибираємо найбільшу силу різання, яка дорівнює $P = 1954 \text{ Н}$ для чорнового точіння $\varnothing 80_{-0,3}^{+0,7}$.

$$N = Q \cdot \frac{L}{l}$$

$$N = \frac{1954 \cdot 3}{60} = 97,7 \text{ Н}$$

Номинальний діаметр гвинта:

$$d = C \cdot \sqrt{Q / \sigma}$$

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{1954 / 80} = 8,3 \text{ мм}$$

Приймаємо 10 мм (різь М10 мм).

Момент затягування гвинта з плоским торцем ($d = 1,0 \text{ см}$).

$$M = 0,1d \cdot Q + \frac{f \cdot Q \cdot d_1}{2}$$

$$M = 0,1 \cdot 1,0 \cdot 1954 + \frac{0,16 \cdot 1954 \cdot 1,0}{2} = 299,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

7.2. Контрольно-вимірне пристосування

Контроль якості виробів є дуже важливим в сучасному машинобудуванні. Контрольні пристосування підвищують продуктивність праці контролерів, покращують якість та об'єктивність контролю.

Контрольні пристрої приймають для перевірки заготовок, деталей та вузлів машин. Пристосування для перевірки деталей застосовують на проміжних етапах обробки та для остаточного приймання, виявлення точності розмірів, взаємного положення поверхонь та вірності їх геометричної форми.

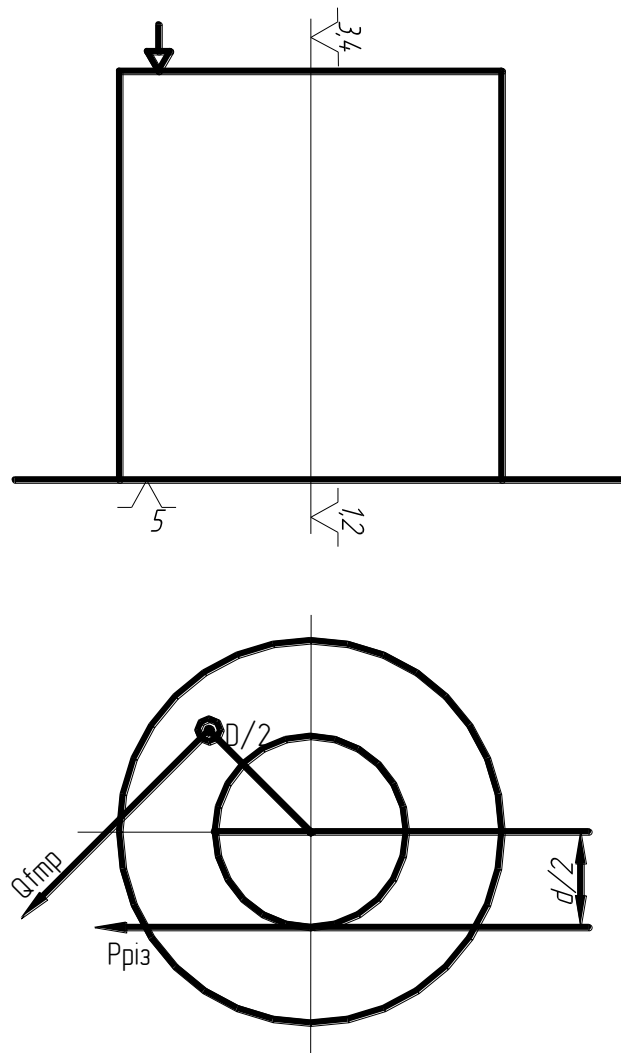


Рисунок 7.2 Схема розподілення сил

Висока точність сучасних машин обумовлює використання в контрольних пристосуваннях вимірювачів високої чутливості та важливості правильного вибору примусової схеми та конструкції пристосування.

Похибка виміру, під якою розуміють відхилення знайденого значення, повинні бути по можливості малими.

Контрольні пристрої повинні забезпечувати задану точність та продуктивність контролю, бути зручними в експлуатації, простими у виготовленні, надійними у тривалій роботі та економічними.

В даному спроектованому технологічному процесі використовується контрольний пристрій, який призначається для контролю биття торця та поверхні відносно вісі (биття не більше 0,03 мкм).

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У рамках магістерської роботи виконано комплексне дослідження технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72. Основні результати:

1. Проведено аналіз конструкції деталі, визначено функціональні поверхні, критичні розміри та місця підвищеного зносу.
2. Розроблено технологічну схему обробки, включно з операціями чорнового та чистового фрезерування, свердління, розгортання та зачистки.
3. Встановлено припуски на обробку для кожної операції, забезпечивши точність IT7–IT9 та шорсткість Ra 1,6–3,2.
4. Проведено розрахунок режимів різання: швидкості, подачі, глибини різання, частоти обертання шпинделя, що дозволяє оптимізувати ресурс інструмента та знизити витрати часу.
5. Розроблено методику контролю якості на всіх етапах: після чорної обробки, після чистової, після термічної обробки.
6. Визначено термічну обробку для сталі 45, що забезпечує підвищену твердість, зносостійкість та стабільність геометричних параметрів.
7. Розроблені конструкції спеціальної верстатної оснастки, які дають можливість використати технічні та технологічні можливості прийнятого технологічного процесу.

Наукова новизна полягає у комплексному підході до розробки технологічного процесу механічної обробки корпусу державки ПММ2022-72, який включає:

1. Врахування структурних та матеріальних особливостей деталі при виборі припусків і режимів різання.

2. Оптимізацію режимів різання на основі детальних розрахунків швидкості, подачі та глибини різання, з метою підвищення точності і зниження зносу інструменту.

3. Запровадження послідовності контролю геометричних параметрів до та після термічної обробки для забезпечення високої точності та стабільності розмірів.

4. Поєднання традиційних методів обробки та сучасних технологій контролю (КВМ, цифрові індикатори), що підвищує надійність виробу в серійному виробництві.

Це дозволяє отримати новаційний технологічний процес, який забезпечує високу продуктивність, точність і економічну ефективність.

Практична цінність полягає у тому, що запропонований технологічний процес:

1. Може бути впроваджений на підприємствах машинобудівної галузі, що виготовляють державки та подібні деталі.

2. Забезпечує скорочення часу обробки та зменшення витрат на інструмент і контрольні операції.

3. Гарантує стабільність розмірів та шорсткості поверхонь, що підвищує довговічність та надійність державки ПММ2022-72.

4. Дає можливість уніфікації технологічного процесу для деталей аналогічної конструкції.

Таким чином, запропонований технологічний процес є економічно вигідним, науково обґрунтованим та готовим до впровадження на практиці.

Рекомендації для впровадження

1. Впровадити запропоновану послідовність операцій та режими різання на виробництві.

2. Забезпечити контроль якості на кожному етапі за допомогою КВМ та калібрів.

3. Проводити періодичний моніторинг зносу інструменту для коригування режимів різання.
4. Внести запропоновані припуски та параметри в технічну документацію підприємства для стандартизації процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л.Заблоцька Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
2. Nataliya Zubovetska, Yurii Fedorus', Volodymyr Shvabyuk, Rostyslav Redko; To the problem of developing a methodology for the frequency analysis of spindle runout. AIP Conf. Proc. 1 November 2023; 2840 (1): 040007. <https://doi.org/10.1063/5.0169334>.
3. Технологія машинобудування: навчальний посібник для студ. спец.: 133 «Галузеве машинобудування», 015 «Професійна освіта (машинобудування)» та 131 «Прикладна механіка» / І. І. Назаренко, М. М. Ручинський, О. П. Дєдов, Є. О. Міщук. - Київ : Ямчинський О. В., 2024. - 164 с.
4. Редько Р.Г. Дослідження та вдосконалення конструкції виконавчих вузлів багатошпindelного токарного напівавтомату для обробки шестерень / Р.Г.Редько, П.М. Цюпа, Р.П. Приступа // Студентський науковий вісник. Серія «Технічні науки». Науковий збірник. Випуск 47. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. - С. 266-272.
5. Редько Р.Г. Оптимізація параметрів шпindelного вузла / Редько Р.Г., Цюпа П.М. // Тези ІІ студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “ Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії ”. Луцьк: ЛНТУ – 2022 р. – С. 24-27.
6. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
7. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч.

- посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми : СумДУ, 2020. — 140 с.
8. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
 9. Joaquim Augusto Guerra Namuyela, Kuznetsov Yu.N., Namuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja-Imprensa, 2019. – 320 p.
 10. Кузнєцов Ю. М., Придальний Б. І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 358 с.
 11. Кузнєцов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.
 12. Joaquim Augusto Guerra Namuyela, Kuznetsov Yu.N., Namuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja-Imprensa, 2019. – 320 p.
 13. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пишов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
 14. ДСТУ 3008:2015 Документація. Звіти у сфері науки і техніки.