

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
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:
**Розробка технології виготовлення деталі
маточина**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ГМ-22мб-3
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Антон КОВАЛЬ

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Максим ГОДУНКО

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег БЕВЗ

Кропивницький 2025

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма: Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Ковалю Антону Івановичу

Тема роботи:

Розробка технології виготовлення деталі маточина

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Максим ГОДУНКО
Затверджено наказом ЦНТУ від 20 січня 2025 року № 13-13.

Строк подання роботи до захисту:

15 червня 2024 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка технології виготовлення деталі маточина на основі базового технологічного процесу з його покращенням та підтвердженням запропонованої раціоналізації відповідними розрахунками.

Завдання: розглянути базовий технологічний процес заданої деталі з підприємства, на якому вона виготовляється; обґрунтувати її призначення в складі відповідного механізму та особливості роботи; розглянути базовий технологічний процес та запропонувати варіанти його покращення; провести технологічні розрахунки; розробити затискний пристрій для даної деталі на вибрану операцію; розробити кресленики схем механічної обробки та складальне креслення затискного пристрою.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	20.03.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.04.2025 р.	
3	Виконання конструкторської частини	03.05.2025 р.	
4	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
5	Перевірка роботи на академічний плагіат	04.06.2025 р.	
6	Рецензування роботи	05.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____

Антон КОВАЛЬ

Керівник роботи _____

Максим ГОДУНКО

АНОТАЦІЯ

Коваль А.І. Розробка технології виготовлення деталі маточина : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 133 Галузеве машинобудування / наук. кер. М.О. Годунко. Центральнотраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 45 с.
Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технології виготовлення деталі маточина на основі базового технологічного процесу з його покращенням та підтвердженням запропонованої раціоналізації відповідними розрахунками.

Актуальність роботи. Сучасні тенденції в машинобудівному виробництві потребують нових підходів у розробці технологічних процесів та організації виробництва. Високі вимоги до деталей та конкурентоспроможної продукції вимагають впровадження прогресивних технічних рішень, таких як новий ріжучий інструмент, сучасне металорізальне обладнання, використання обладнання з паралельною кінематикою та промислових роботів. Отже модернізація існуючих технологічних процесів та створення якісно нових технологій із врахуванням існуючих новинок науково-технічного прогресу є актуальною задачею, вирішенню якої присвячена дана кваліфікаційна робота.

В роботі було розглянуто і досліджено базовий технологічний процес виготовлення маточини, обґрунтовано внесення змін для його покращення, підтверджено засоби раціоналізації відповідними розрахунками. Розроблені кресленики схем механічної обробки деталі та складального креслення затискного пристрою на задану операцію.

технологічний процес, маточина, припуски, режими різання, затискний пристрій

ANNOTATION

Koval A.I. Development of Technology for Manufacturing the Hub Part: Bachelor's Qualification Work: Specialization 133 Industrial Engineering / Scientific Supervisor M.O. Hodunko. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 45 pages.

Drawings – total of 3 sheets, format A1.

Purpose of the work. The purpose of the work is to develop a technology for manufacturing the hub part based on an improved basic technological process and to confirm the proposed rationalization with relevant calculations.

Relevance of the work. Modern trends in mechanical engineering production require new approaches to the development of technological processes and production organization. High demands on parts and competitive products necessitate the implementation of advanced technical solutions, such as new cutting tools, modern metalworking equipment, equipment with parallel kinematics, and industrial robots. Therefore, the modernization of existing technological processes and the creation of fundamentally new technologies, taking into account current innovations in scientific and technical progress, is an urgent task addressed by this qualification work.

The study examines and investigates the basic technological process of manufacturing the hub, justifies improvements through changes, and confirms rationalization methods with corresponding calculations. Developed drawings include mechanical processing schemes of the part and an assembly drawing of the clamping device for the designated operation.

Keywords: Technological process, hub, allowances, cutting modes, clamping device.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

Розробка технології виготовлення деталі маточина

КРБ.ГМ.25.07.23.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ГМ-22мб-3
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Антон КОВАЛЬ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Максим ГОДУНКО

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	10
2. Технологічна частина	13
2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі	13
2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі	17
2.3 Визначення технологічних баз на кожну операцію	20
2.4 Розробка структури технологічних операцій	20
2.5 Вибір металорізального обладнання на створені операції	25
2.6 Розрахунок режимів різання	25
3. Конструкторська частина	37
3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми	37
3.2 Розрахунок затискного пристрою на точність	37
3.3 Розрахунок сил затиску	39
3.4 Розрахунок слабких ланок пристрою	42
Висновки	43
Список використаних джерел	44

ВСТУП

Сучасний розвиток технологічних процесів у металообробці спрямований на підвищення продуктивності та гнучкості виробництва. Це обумовлено зростанням різноманіття деталей у середньо- та малосерійному виробництві, а також необхідністю автоматизації цих процесів. Досягти таких цілей можна завдяки широкому застосуванню верстатів з ЧПУ, зокрема багатоцільових, та гнучких виробничих систем.

Верстати з ЧПУ сприяють високому рівню автоматизації обробки, скороченню часу на переналагодження навіть для невеликих партій деталей і забезпечують високу якість обробки. Під час розробки технологічних процесів механічної обробки в умовах сучасного виробництва доцільно аналізувати різні варіанти з урахуванням ефективності використання обладнання, включаючи напівавтомати, верстати з ЧПУ та універсальні верстати.

Верстати з ЧПУ мають низку значних переваг у порівнянні з іншими типами обладнання. Вони оснащені контурними системами керування, що дозволяє керувати до шести осями координат і виготовляти складні деталі. Багато моделей дозволяють створювати програми керування безпосередньо біля верстата, що спрощує процес переналагодження. Висока потужність приводів і підвищена динамічна стійкість також є їхніми важливими характеристиками.

Крім того, такі верстати оснащуються системами автоматичної зміни інструментів і заготовок. На токарних верстатах реалізується контурне програмне керування по чотирьох осях, впроваджуються інструментальні головки з індивідуальним приводом.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічного процесу механічної обробки деталі маточина із використанням верстатів з ЧПУ.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис виробу, до складу якого входить деталь

Деталі, що розглядаються в кваліфікаційній роботі, є складовими зернотукової пресової сівалки Астра 3,6П. Ця сівалка (рис. 1.1) призначена для рядкового висіву насіння зернових та зернобобових культур, як окремо, так і з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив у рядки.



Рисунок 1.1 - Астра 3,6 П сівалка зернотукова пресова

Сівалка побудована на основі модульного принципу, що дозволяє за допомогою зчипки СП 11Г об'єднувати три сівалки у широкозахватний посівний агрегат. Міжсівалкове з'єднання виконується за шеренговою схемою, що спрощує завантаження насіння і підвищує продуктивність.

Основна конструкція передбачає використання дводискових сошників на чотирьох опорно-привідних колесах. Опційно сівалка може комплектуватися ущільнюючими котками для обробки ґрунту. Сівалка обладнана контрприводом із муфтами обгону та розмикачем, що дозволяє передавати обертання на вали висівальних апаратів від крайніх секцій котків або привідних коліс. Розмикач відключає механізм передач у транспортному положенні.

Котки для пресування ґрунту об'єднані у чотири секції, які шарнірно прикріплені до рами сівалки, забезпечуючи можливість копіювання рельєфу поля. Крайні секції виконують функцію приводу валів висівальних апаратів.



Рисунок 1.2 - Фрагмент рами сівалки



Рисунок 1.3 - Фрагмент сошників сівалки

Пресування ґрунту створює щільний контакт між насінням і вологим шаром ґрунту, що сприяє ранньому проростанню насіння, зниженню впливу посухи та підвищенню врожайності, особливо в регіонах з вітровою ерозією ґрунтів. Вільні зони забезпечують газообмін, що покращує проростання насіння і стримує розвиток бур'янів.

Технічні характеристики сівалки

- Ширина захвату: 3,6 м
- Кількість рядків: 24
- Ширина міжряддя: 15 см
- Норма висіву: насіння – 15-400 кг/га, добрива – 25-200 кг/га
- Глибина загортання: 40-80 мм
- Робоча швидкість: 9-12 км/год
- Продуктивність: 3,2-4,3 га/год
- Місткість бункера: насіння – 600 дм³, добрива – 400 дм³
- Габарити: 3985×3710×1755 мм
- Маса: 1535±46 кг

- Потужність трактора: до 85 к.с.

1.2 Опис та характеристики вузла та деталі

У роботі розглядається деталь маточина Н80.07.005. Ця деталь (рис. 1.4, позиція 1) є частиною опорно-привідного колеса (позиція 3) і механізму передач (позиція 5). Вона забезпечує привід від опорно-привідного колеса до насіннявисіваючих і туковисіваючих апаратів. Ведуча зірочка (позиція 2) прикріплюється до маточини і передає обертання через ланцюг на механізм подач.

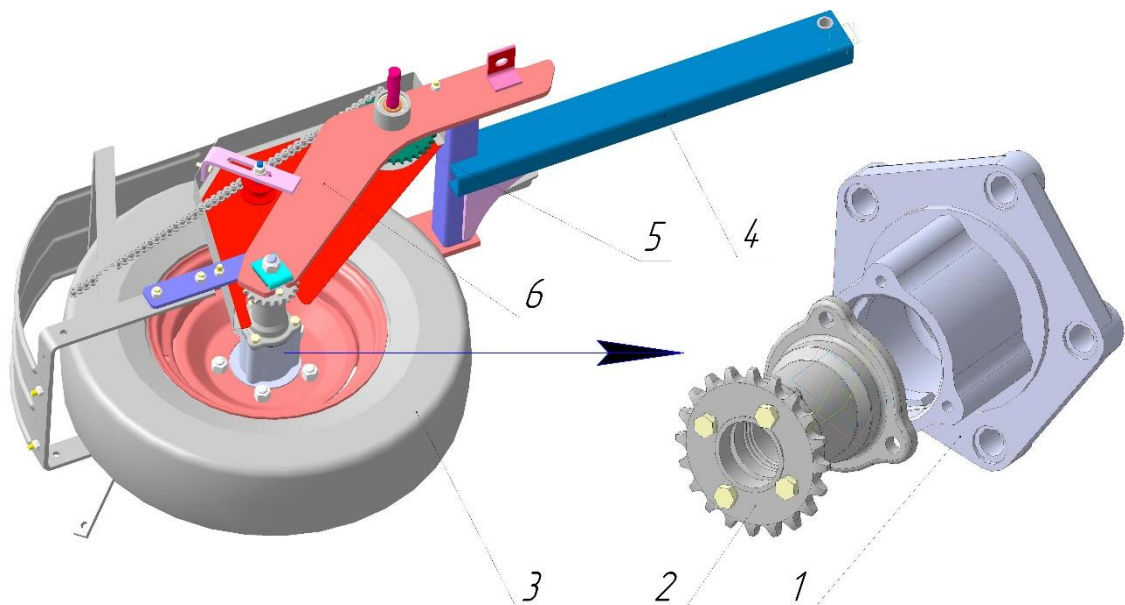


Рисунок 1.4 - Опорно-приводне колесо з механізмом передач

Таким чином, деталь, що вибрана для кваліфікаційної роботи, є ключовим елементом механізму сівалки, що забезпечує її функціональність та продуктивність.

Опорно-приводне колесо є важливою складовою зернотукової сівалки, оскільки виконує функції підтримання агрегату, передачі крутного моменту до механізмів висіву та забезпечення стабільної роботи сівалки на різних типах ґрунту.

Опорно-приводне колесо складається з таких основних елементів:

1. Маточина (H80.07.005): використовується для кріплення колеса до осі. На маточині закріплюється ведуча зірочка, яка через ланцюг передає крутний момент на механізм подачі насіння та добрив.
2. Ведуча зірочка: прикріплюється до маточини за допомогою болтів. Служить для передачі обертання від опорно-приводного колеса до висівальних апаратів.
3. Пневматична шина: забезпечує рівномірне котіння колеса по ґрунту, знижує ударні навантаження та покращує зчеплення з поверхнею.
4. Кронштейн кріплення: опорно-приводне колесо кріпиться до рами сівалки за допомогою спеціального кронштейна. Це забезпечує його стійкість та належну роботу в складі агрегату.

Функції опорно-приводного колеса

1. Передача руху: обертання колеса під час руху сівалки по полю передається через зірочку та ланцюгову передачу на вали висівальних апаратів. Це забезпечує синхронну роботу всіх висівальних механізмів.
2. Підтримка агрегату: опорно-приводні колеса підтримують вагу сівалки і дозволяють їй плавно рухатися полем, зменшуючи тиск на ґрунт.
3. Забезпечення стабільності: завдяки пневматичним шинам, колесо компенсує нерівності поверхні поля, що сприяє рівномірному висіву насіння і добрив.

Переваги конструкції

- Автономність роботи: завдяки поєднанню функцій підтримання і приводу, колесо дозволяє сівалці працювати без потреби у додаткових зовнішніх приводах.
- Ефективність передачі крутного моменту: зірочка та ланцюговий механізм забезпечують надійне передавання обертання навіть у складних умовах.
- Стійкість до навантажень: конструкція колеса розрахована на тривалий термін експлуатації при інтенсивному використанні.

Значення для роботи сівалки. Опорно-приводне колесо є ключовим елементом, від якого залежить точність висіву, стабільність роботи агрегату та його здатність адаптуватися до умов поля. Його конструкція розроблена таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність роботи зернотукової сівалки на різних ґрунтах і при різних умовах експлуатації, приклад див. на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 - Принцип роботи зернотукової сівалки

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі

Точність деталі визначається відповідністю її геометричних, розмірних і фізико-механічних параметрів вимогам креслення або технічної документації. Аналіз точності включає такі аспекти:

1. Розмірна точність: оцінюється відповідність фактичних розмірів деталі номінальним значенням з урахуванням допусків. Проводиться контроль розмірів за допомогою калібрів, штангенциркулів, мікрометрів тощо.
2. Форма і взаємне розташування: перевіряється відхилення від ідеальної форми (циліндричність, плоскість) або правильності розташування елементів (паралельність, перпендикулярність, концентричність).
3. Шерсткість поверхні: аналізуються параметри оброблених поверхонь (наприклад, R_a), які впливають на експлуатаційні характеристики деталі (зносостійкість, взаємодія з іншими частинами).
4. Матеріал і механічні властивості: контролюються хімічний склад матеріалу, твердість, міцність тощо, адже від цього залежить здатність деталі витримувати навантаження.
5. Функціональна точність: оцінюється, наскільки точність деталі забезпечує її нормальну роботу у складі вузла або механізму.

Технологічність деталі полягає у здатності її конструкції забезпечувати ефективність виготовлення та обробки при мінімальних витратах ресурсів.

Основними аспектами аналізу є:

1. Спрощення конструкції: мінімізація кількості оброблюваних поверхонь. Використання стандартних елементів і матеріалів. Зниження складності форми (виключення складних контурів, поглиблень).

2. Вибір обробки: оцінюється, чи можливо виготовити деталь з використанням стандартного обладнання та інструментів. Аналізуються методи механічної обробки, термообробки, зварювання чи лиття.
3. Економічність виробництва: оцінка витрат на матеріали, час обробки, обладнання. Перевіряється можливість скорочення кількості технологічних операцій.
4. Уніфікація та стандартизація: використання стандартних заготовок, елементів кріплення. Можливість взаємозамінності деталі у різних конструкціях.
5. Експлуатаційні властивості: забезпечення міцності, зносостійкості, корозійної стійкості. Простота складання, розбирання та ремонту.

Аналіз точності та технологічності дозволяє визначити, наскільки деталь відповідає вимогам її функціонального призначення та наскільки ефективно її можна виготовляти і використовувати. Це важливий етап у проектуванні та виробництві, який впливає на якість, вартість і довговічність продукції.

Деталь маточина виготовляється із сірого чавуну СЧ ГОСТ1412-74. Деталь відноситься до класу корпусних деталей. Підвищені вимоги що до точності і шорсткості в даній деталі пред'являється до найбільш відповідальних по службовому призначенню отворів $\text{Ø}80\text{K}7^{(+0,009_{-0,021})}$. Ці отвори є посадочними місця для підшипників кочення. До цих отворів також ставиться вимога по забезпеченню їх співвісності $\text{◎}R0,7M$, М – залежний від вісі деталі. Допуски на всі інші повенхні на перевищує 10 – 12 квалітету точності.

Отвори для кріплення деталі повинні бути оброблені за умовою $\text{⊥}0,5$, відносно торцевої поверхні, а також $\text{⊕}R0,2$. Отвори М10-7Н виконуються з умовою $\text{⊕}R0,15\text{Ⓜ}D$, Д – центральний отвір.

На інші поверхні деталь вимог не має.

Деталь маточина не має важкодоступних ділянок для механічної обробки. Вона є досить жорсткою, що дозволяє вести обробку високопродуктивними методами.

З точки зору механічної обробки не технологічними є дві внутрішні канавки Ø81 та наклонний отвір з різьбою М10х1-7Н, але не зважаючи на це деталь в цілому технологічна.

Таблиця 2.1 - Параметри точності деталі маточина

№ пов	Найменування поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет	Точність відносних поворотів	Точність форми	R _a
1	2	3	4	5	6	7
1	Отвори	Ø18 ^{-0,043}	H9		-	2,5
2,6	Глухі отвори	M10	H7		-	6,3
3	Торцева поверхня	26	h14	-	-	12,5
4	Виточка	Ø25	H4	-	-	12,5
5	Торцева поверхня	94	H14	-	-	12,5
7, 15	Фаски	2x45°	H14	-	-	12,5
8, 14	Внутрішні циліндричні поверхні	Ø80 ^{+0,009} _{-0,021}	K7		-	2,5
9, 13	Торцеві поверхні	140±0,5	H14	-	-	6,3
10	Внутрішні циліндричні поверхні	Ø46	H14	-	-	12,5
11	Шпонковий паз	b15	H14	-	-	12,5
12	Наклонний отвір	M10x1	H7	-	-	6,3

Вимоги що до взаємного розміщення поверхонь пред'явлено до трьох отворів M10, це позиційний допуск відносно внутрішньої циліндричної поверхні Ø80K7(^{+0,009}_{-0,021}) - . А також до п'яти отворів Ø18H9(^{0,043}) - . На інші поверхні деталь вимог не має. Допуски на них не перевищують 10 – 12 квалітетів точності.

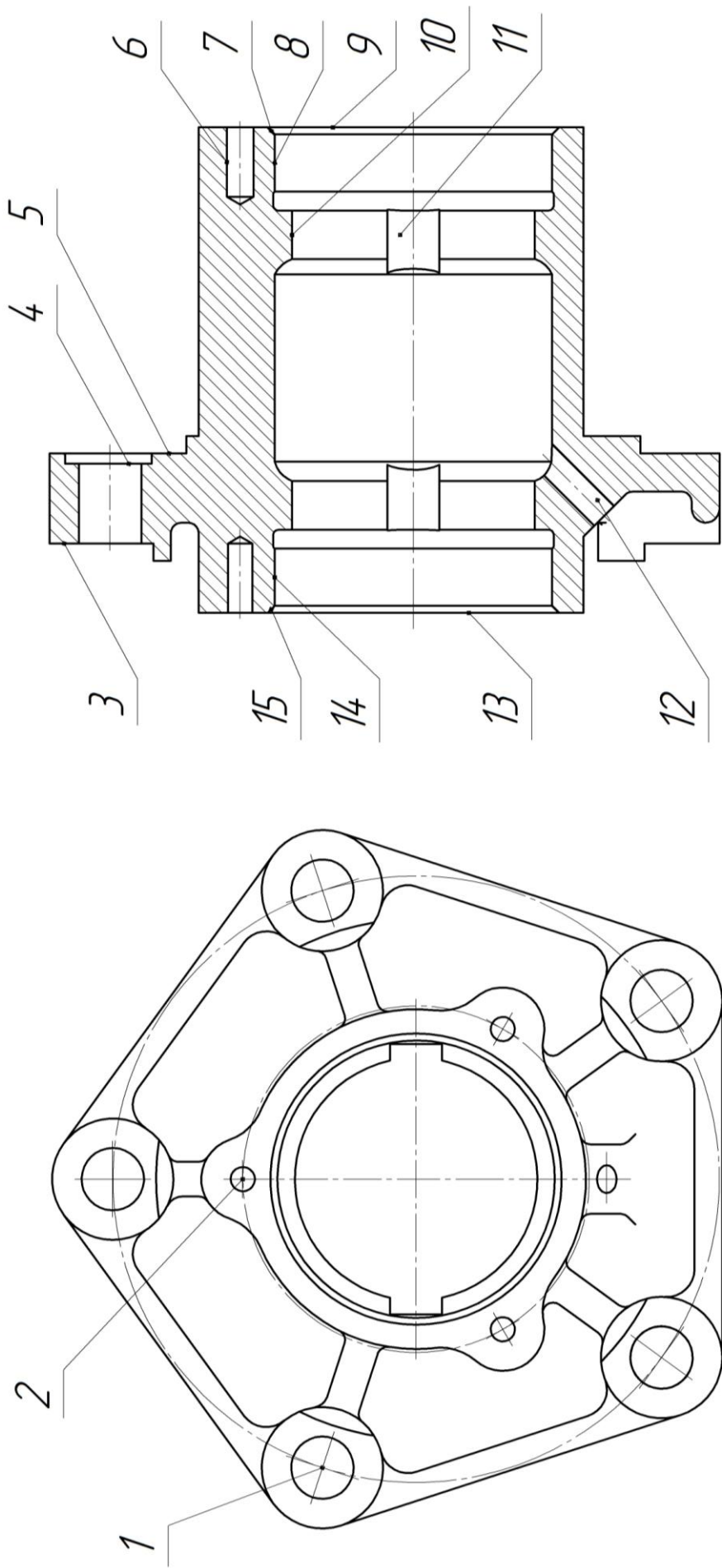


Рисунок 2.1 - Оброблюємі поверхні деталі маточина

Деталь маточина є досить жорсткою, що дозволяє вести обробку високопродуктивними методами. Але вона має важкодоступні ділянки - це внутрішні канавки $\varnothing 81$, але використання верстату з ЧПК спрощує їх обробку. З точки зору механічної обробки не технологічним є також наклонний отвір з різ'ю M10x1-7H. В цілому деталь є технологічною. Усі складні поверхні отримуються литвом.

На основі проведеного аналізу креслення деталі можна зробити висновок, що розміри на кресленні встановлені правильно, технологічні вимоги задані у достатній кількості, а класи точності, шорсткість і допуски відповідають функціональному призначенню деталі та є технологічно досяжними.

Вимоги до взаємного розташування поверхонь відповідають межах, визначеним квалітетами. Розміри, зазначені на кресленні, можуть бути виміряні за допомогою стандартного або спеціального вимірювального обладнання.

2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Перед початком розробки технологічного процесу обґрунтовується метод виготовлення заготовки деталі. Маточина виготовляється із сірого чавуну СЧ20 згідно з ГОСТ 1412-74, вибір якого зумовлений умовами експлуатації та функціональним призначенням. Для зниження металоємності як заготовку обрано лиття у глиняно-піщані форми. Цей метод відповідає типу виробництва, конфігурації деталі та її матеріалу.

Виливка виготовляється шляхом відливання в піщані (земляні) форми з використанням машинної формовки, що підвищує продуктивність ливарного процесу та якість виливків. Застосування стрижнів під час виготовлення відливки забезпечує формування внутрішніх порожнин. Лиття в земляні форми з машинним формуванням має високий коефіцієнт використання металу, оскільки заготовки максимально наближені за формою до кінцевої

деталі. Таким чином, як заготовку для маточини остаточно обрано вилітку із сірого чавуну СЧ20, виконану у глиняно-піщаних формах із застосуванням машинної формовки.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу маточини наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад речовини, %					Механічні властивості		
	С	Cr	Mn	Si	P	σ_B , МПа	δ , %	НВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СЧ 20	3,0 - 3,6	0,02 - 0,08	0,4 - 0,7	1,8 - 2,9	до 0,02	220	0,4-0,65	220-250

Вибір оптимального варіанта маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталей здійснюється на основі визначених маршрутів обробки їх поверхонь.

Методи та маршрути обробки слід підбирати, виходячи з вимог до точності та якості готової деталі, забезпечуючи досягнення заданих параметрів найкоротшим і найекономічнішим шляхом.

Під час визначення методів і маршрутів обробки важливо прагнути до можливості обробки максимальної кількості поверхонь одним і тим самим методом. Це дозволяє створювати технологічні операції з максимально можливим суміщенням обробки різних поверхонь деталі, скорочувати кількість різального інструменту, мінімізувати кількість переустановок деталі та зменшувати тривалість циклу обробки.

Розроблений технологічний процес маточини приведений у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Технологічний процес обробки маточнини

№ операції	Зміст операції
005	<p>Токарна з ЧПУ</p> <p>Токарний з ЧПУ HAAS-SL20:</p> <ul style="list-style-type: none"> - підрізати торець фланця попередньо; - підрізати торець в розмір $L=27h14$ з одночасною обточкою $\varnothing 134\pm 0,25$ з другої сторони
010	<p>Комплексна з ЧПУ</p> <p>Обробний центр з ЧПУ VF-3DHE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрезерувати торець; - фрезерувати торець з другої сторони; - фрезерувати поверхню, витр.розм.; - розточити 2 отв до $\varnothing 79,5H11$ попередньо з утворенням фасок; - розточити 2 отв. $\varnothing 80K7$, витр. розм.; - свердлити 6 отв $\varnothing 8,43+0,3$ з утворенням фасок; - свердлити 5 отв $\varnothing 17,5+0,1$ на прохід; - розвернути 5 отв $\varnothing 18H9$ на прохід; - нарізати різь M10-7H в 6-ти отв $\varnothing 8,43+0,3$; - фрезерувати поверхню витр розм. $\varnothing 134\pm 0,25$
015	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПУ</p> <p>Вертикально-свердлильний 2P135MФ2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - свердлити отв $\varnothing 8,95+0,26$ під різь; - зенкувати фаску 1×45; - нарізати різь M10x1-7H

2.3 Визначення технологічних баз на кожен операцію

Базування деталей у технології машинобудування — це сукупність методів і процесів визначення та закріплення положення деталі або заготовки відносно системи координат верстата, іншої деталі чи інструменту для

виконання певних операцій. Цей процес є основою для забезпечення точності виготовлення деталей і зборки виробів у машинобудуванні.

Значення базування. Точність — забезпечує точність обробки поверхонь і відповідність кресленням. Стабільність — сприяє повторюваності виготовлення деталей. Ефективність — допомагає оптимізувати технологічний процес.

Одночасно з розробкою маршрутів виготовлення заданих деталей вибираємо технологічні бази для кожної операції механічної обробки.

Вибір технологічних баз необхідно починати з чорнової бази – бази для першої технологічної операції. Призначення цієї операції – забезпечення отримання технологічних баз для послідуєчих операцій. Під час вибору баз необхідно максимально забезпечити принцип єдності баз.

На першій операції в якості технологічної бази використаємо вісь центрів. Чорною базою слугуватиме зовня поверхня. Друга операція виконується на обробному центрі, де деталь базується наоброблених торцевих поверхнях, тому в якості бази використовуємо площину торцевих поверхонь. Остаточний вибір схеми базування для кожної операції проводимо при розробці структури та змісту технологічних операцій керуючись ГОСТ21 496- 76 “Бази і базування в машинному будівництві” .

2.4. Розробка структури технологічних операцій

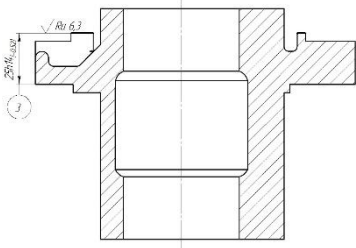
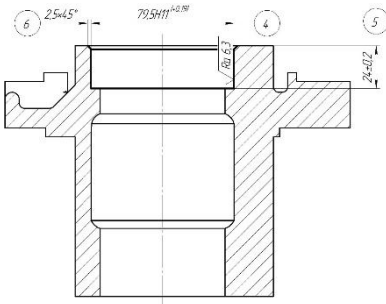
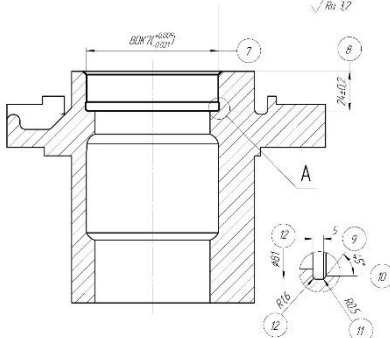
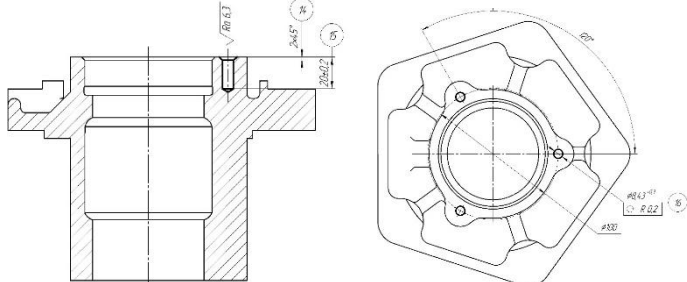
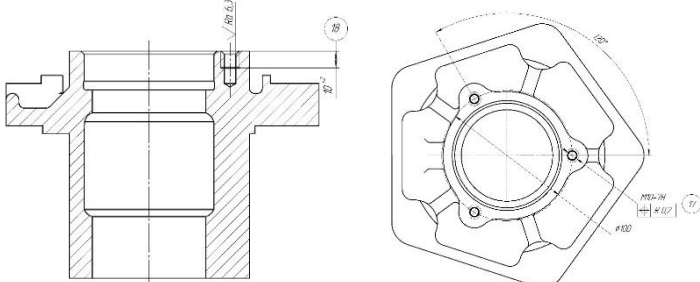
Розробка структури та змісту операцій технологічних процесів механічної обробки деталей здійснюється на основі обраних методів і маршрутів обробки, запропонованих технологічних маршрутів виготовлення деталей, а також загальних рекомендацій щодо проектування операційних технологічних процесів.

Структура технологічних процесів для шестерень і корпусів наведена в таблиці 2.6.

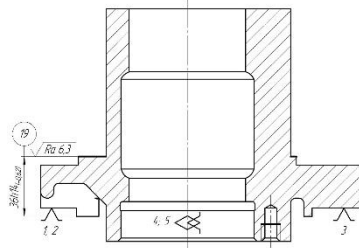
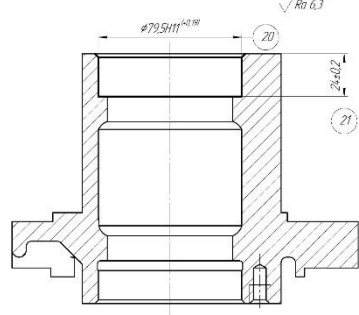
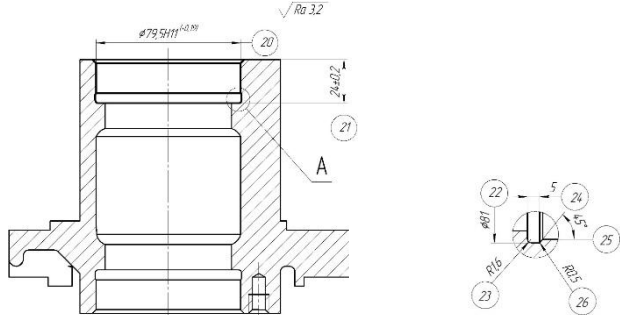
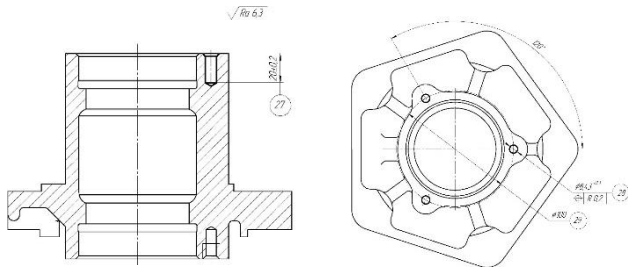
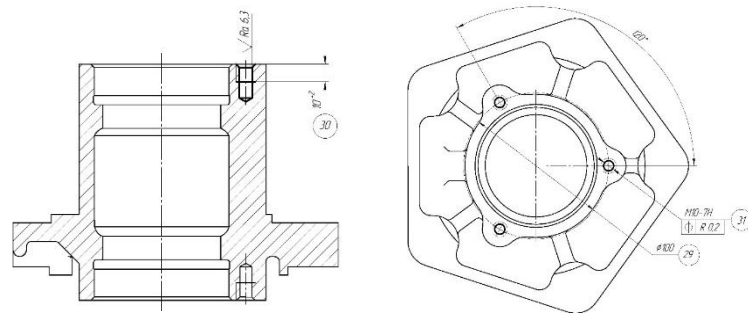
Таблиця 2.6 – Структура технологічних операцій

005 Токарна з ЧПУ: токарний з ЧПУ HAAS-SL20	
<p>Перехід 02</p>	<p>Зміст: встановити / зняти деталь. Підрізати торець фланця попередньо, витримавши розміри 1 та 2</p>
<p>Перехід 03</p>	<p>Зміст: підрізати торець з одночасною обточкою з другої сторони, витримуючи розміри 3 та 4</p>
010 Комплексна з ЧПУ: обробний центр з ЧПУ VF-3DHE	
<p>Перехід 02</p>	<p>Зміст: встановити / зняти деталь. Фрезерувати торець, витримуючи розмір 1</p>
<p>Перехід 03</p>	<p>Зміст: перевстановити деталь. Фрезерувати торець з другої сторони, витримуючи розмір 2</p>

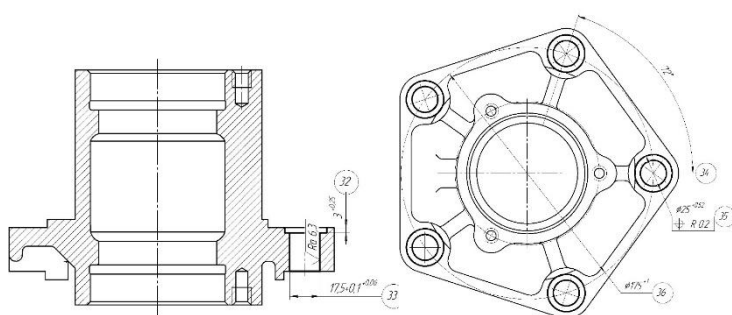
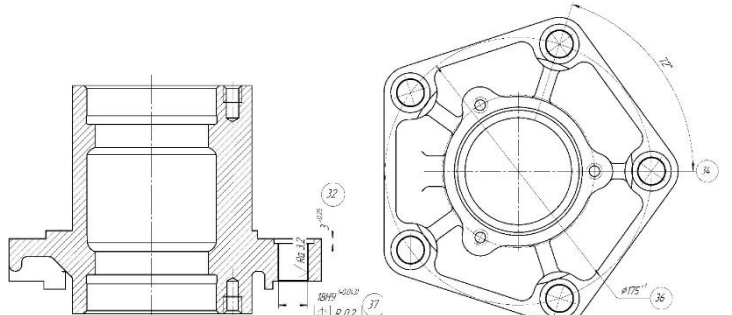
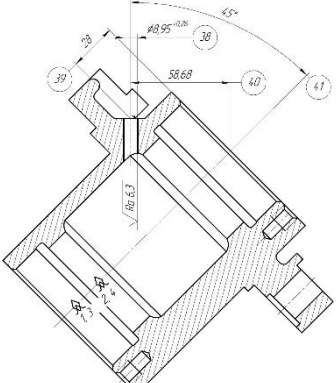
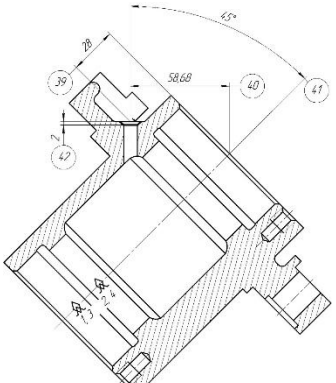
Продовження таблиці 2.6

<p>Перехід 04</p> 	<p>Зміст: фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 3</p>
<p>Перехід 05</p> 	<p>Зміст: розточити 2отв до $\varnothing 79,5H11(+0,19)$ попередньо, витримуючи розміри 4, 5, 6, з одночасним утворенням фаски</p>
<p>Перехід 06</p> 	<p>Зміст: розточити отв, витримуючи розміри 7, 8 та внутрішню канавку, витримуючи розміри 9, 10, 11, 12, 13</p>
<p>Перехід 07</p> 	<p>Зміст: свердлити 3 отв, з одночасним утворенням фасок, витримуючи розміри 14, 15, 16 та позиційний допуск не більше 0,2</p>
<p>Перехід 08</p> 	<p>Зміст: нарізати різь у трьох отворах, витримуючи розміри 17, 18</p>

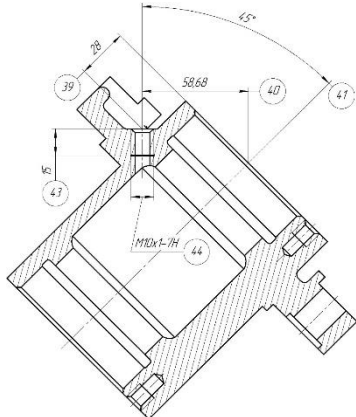
Продовження таблиці 2.6

<p>Перехід 10</p> 	<p>Зміст: перевстановити деталь Фрезерувати поверхню, витримуючи розміри 19</p>
<p>Перехід 11</p> 	<p>Зміст: розточити отвір до $\varnothing 79,5H11(+0,19)$ попередньо, витримуючи розміри 4, 5, 6, з одночасним утворенням фаски</p>
<p>Перехід 12</p> 	<p>Зміст: розточити отвір, витримуючи розміри 20, 21 та внутрішню канавку, витримуючи розміри 22, 23, 24, 25, 26</p>
<p>Перехід 13</p> 	<p>Зміст: свердлити 3 отвори, з одночасним утворенням фасок, витримуючи розміри 27, 28, 29 та позиційний допуск не більше 0,2</p>
<p>Перехід 14</p> 	<p>Зміст: нарізати різь у трьох отворах, витримуючи розміри 30, 31</p>

Продовження таблиці 2.6

<p>Перехід 15</p> 	<p>Зміст: свердлили 5 отворів попередньо на прохід з одночасним утворенням поверхонь $\text{Ø}25\text{H}14+0,52$, витримуючи розміри 32, 33, 34, 35, 36</p>
<p>Перехід 16</p> 	<p>Зміст: розвернути 5 отворів на прохід, витримуючи розмір 37</p>
<p>015 Вертикально-вердильна з ЧПУ: вертикально -вердильний з ЧПУ 2P135MФ2</p>	
<p>Перехід 02</p> 	<p>Зміст: встановити та закріпити деталь/ зняти деталь. Свердлили отвір під різь , витримуючи розміри 38, 39, 40, 41</p>
<p>Перехід 03</p> 	<p>Зміст: зенкувати фаску, витримуючи розміри 42</p>

Продовження таблиці 2.6

<p>Перехід 04</p> 	<p>Зміст: нарізати різь, втримуючи розміри 43, 44</p>
---	---

1.5 Вибір металорізального обладнання на створені операції

Для реалізації запропонованих технологічних процесів механічної обробки деталей проводиться вибір металорізальних верстатів. Цей вибір здійснюється з урахуванням аналізу структури та змісту операцій, методів обробки, конструктивних особливостей і розмірів деталі, а також типу виробництва. Стисла технічна характеристика обраного обладнання наведена у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Металорізальні верстати для обробки деталі

№ операції	Найменування та модель верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи max Ø обробки мм	Ряд частот обертання шпинделя, хв. ⁻¹	Ряд подач, мм/об	Потужні сткВт	Габаритні розміри верстату, мм
Маточина						
005	Токарний з ЧПУ 16K20Ф3С32	Ø 220 L1000	12,5÷2000	0,01÷2,8	10	3360 x 1710 x 1750
010	Обробний центр HAAS VF-3	914 x 356	0÷7500	1 – 4000 мм/хв	15	2800 x 3710 x 2670
015	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	131,5x160	45-2000	10-500	3,7	2000 x 1300 x 2040

2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання для деталі Маточина на 010 операцію комплексу з ЧПК.

Заготовка: метод отримання: виливка; стан поверхні: з коркою.

Верстат: ОЦ VF-3DHE.

Операція:

Базування – в трикулачковому патроні;

Визначення режимів різання на другий перехід – підрізання торцю.

Глибина різання – 2.5мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Вибір інструмента.

Для обробки використовуємо різці з твёрдосплавними пластинами з перерізом державки 20x20 мм. Товщина пластини - 4,8 мм.

Виходячи з умов обробки приймаємо трьохгранну форму пластини з кутом при вершині 60° із твёрдого сплава ВК6.

Спосіб кріплення пластини - клин-прихватом.

Вибираємо кути в плані:

$\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$;

$\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 1^\circ$ - для обробки канавок.

Інші геометричні параметри різальної частини:

- задній кут $\alpha=5^\circ$;

- передній кут $\gamma= - 6^\circ$;

- форма передньої поверхні - плоска від'ємна;

- радіус заокруглення різальної кромки $\rho=0,03$ мм;

- радіус вершини різця $r_B=1,0$ мм.

для обробки канавки

- задній кут $\alpha=6^\circ$;

- передній кут $\gamma= 15^\circ$;

- форма передньої поверхні - плоска з фаскою $f=0,4$ мм;

- радіус заокруглення різальної кромки $\rho=0,03$ мм;

- радіус вершини різця $r_B=0,6$ мм.

Нормативний період стійкості:

$T=60$ хв - обробка поверхонь;

$T=180$ хв - прорізання канавки.

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{SD} \cdot K_{Sh} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S\gamma},$$

де: s_T - табличне значення подачі;

$K_{Si}, \dots, K_{S\gamma}$ - коефіцієнти, що враховують:

K_{Si} - інструментальний матеріал;

K_{Sp} - спосіб кріплення пластини;

K_{SD} - переріз державки різця;

K_{Sh} - міцність різальної частини;

K_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу;

K_{Sy} - схему установки заготовки;

K_{Sp} - стан поверхні заготовки;

$K_{S\phi}$ - геометрію в плані;

$K_{S\gamma}$ - жорсткість верстату.

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 0,21 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 0,75 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання;

X_v, Y_v, m - показники ступеню;

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{vT} \cdot K_{vj} \cdot K_{vM} \cdot K_{v\phi},$$

де: K_{vT} - коефіцієнт, що враховує період стійкості різального інструменту та інструментального матеріалу,

$$K_{vT} = C_{vT} \cdot T^{m_{vT}} = 3,645 \cdot 60^{-0,398} = 0,6;$$

K_{vj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату,

$$K_{vj} = C_{vj} \cdot D_c^{m_{vj}} = 0,201 \cdot 400^{0,242} = 0,86;$$

K_{VM} - коефіцієнт, що враховує властивості оброблюємого матеріалу,

$$K_{VM} = C_{VM} \cdot (HB)^{m_{VM}} = 18107 \cdot 1560^{-1,288} = 1,1;$$

$K_{V\phi}$ - коефіцієнт, що враховує геометрію в плані,

$$K_{V\phi} = C_{V\phi} \cdot \phi^{X_v} \cdot \varepsilon^{Y_v} = 3,62 \cdot 90^{0,004} \cdot 60^{-0,29} = 1,12;$$

де: C_{VT} , C_{Vj} , C_{VM} , $C_{V\phi}$ - постійні;

m_{VT} , m_{Vj} , m_{VM} , X_v , Y_v - показники ступеню;

D_c - найбільший діаметр обробки на верстаті 16К20Ф3С32.

$$K_V = 0,6 \cdot 1,1 \cdot 0,86 \cdot 1,12 = 0,6$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,6 = 116 \text{ м/хв};$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 116}{3,14 \cdot 110} = 335 \text{ об/хв},$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 315$ об/хв..

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 315}{1000} = 109 \text{ м/хв}.$$

Перевірка вибраних режимів різання по потужності привода головного руху.

Перевірку здійснюємо за формулою:

$$N = (C_N \cdot t^{X_N} \cdot s^{Y_N}) \cdot K_N,$$

де: C_N - постійна у формулі потужності різання;

X_N, Y_N - показники ступеню;

K_N - поправковий коефіцієнт:

$$K_N = C_N \cdot (HB)^{X_N} = 0,0019 \cdot 1560^{0,813} = 0,75,$$

де: C_N та X_N - постійна та показник ступеню відповідно у формулі поправкового коефіцієнта потужності різання.

$$N = 3,943 \cdot 2,5^{0,688} \cdot 0,2^{0,436} \cdot 0,75 = 3,1 \text{ кВт},$$

що не перевищує потужності привода головного привода верстата.

Визначення основного часу.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів;

L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні; l_1 - довжина врізання; l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{o1} = \frac{36 + 2.5 + 2}{0,2 \cdot 315} \cdot 1 = 0,64 \text{ хв},$$

Визначення режимів різання на третій перехід – розточка отвору начорно.

Різець розточний, матеріал ріжучої частини – ВК6.

Глибина різання – 2.5 мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sy},$$

де: s_T - табличне значення подачі;

K_{Si}, \dots, K_{Sy} - коефіцієнти, що враховують:

K_{Si} - інструментальний матеріал;

K_{Sp} - спосіб кріплення пластини;

K_{SD} - переріз державки різця;

K_{Sh} - міцність різальної частини;

K_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу;

K_{Sy} - схему установки заготовки;

K_{Sn} - стан поверхні заготовки;

$K_{S\phi}$ - геометрію в плані;

$K_{S\gamma}$ - жорсткість верстату.

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 0,67 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 0,75 = 0,65 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання; X_v , Y_v , m - показники ступеню; K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = 0,8$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,67^{0,2}} \cdot 0,8 = 130 \text{ м/хв};$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 50} = 828 \text{ об/хв},$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 800 \text{ об/хв.}$

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 500}{1000} = 125 \text{ м/хв.}$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів; L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні; l_1 - довжина врізання;
 l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{o2} = \frac{26 + 3}{0,65 \cdot 800} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв,}$$

Визначення режимів різання на четвертий перехід – розточка отвору начисто.

Різець розточний, матеріал ріжучої частини – ВК6.

Глибина різання – 0,3 мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sh} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sp} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sy},$$

де: s_T - табличне значення подачі;

K_{Si}, \dots, K_{Sy} - коефіцієнти, що враховують:

K_{Si} - інструментальний матеріал;

K_{Sp} - спосіб кріплення пластини;

K_{Sd} - переріз державки різця;

K_{Sh} - міцність різальної частини;

K_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу;

K_{Sy} - схему установки заготовки;

K_{Sn} - стан поверхні заготовки;

$K_{S\phi}$ - геометрію в плані;

$K_{S\gamma}$ - жорсткість верстату.

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 0,45 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання; X_v , Y_v , m - показники ступеню; K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = 0,8$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,8 = 162 \text{ м/хв};$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 162}{3,14 \cdot 51} = 1011 \text{ об/хв},$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 1000$ об/хв.

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 1000}{1000} = 160 \text{ м/хв.}$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів; L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні; l_1 - довжина врізання; l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{o3} = \frac{26 + 2.5}{0,25 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,11 \text{ хв},$$

Визначення режимів різання на п'ятий перехід – точіння канавки.

Різець канавочний, матеріал ріжучої частини – ВК6.

Глибина різання – 5 мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy},$$

де: s_T - табличне значення подачі;

K_{Si}, \dots, K_{Sy} - коефіцієнти, що враховують:

K_{Si} - інструментальний матеріал;

K_{Sp} - спосіб кріплення пластини;

K_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу;

K_{Sy} - схему установки заготовки;

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 0,09 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,1 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot s^{Y_v}} \cdot K_v,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання;

Y_v, m - показники ступеню;

K_V - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = 0,6$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{47}{45^{0,2} \cdot 0,8^{0,8}} \cdot 0,6 = 82 \text{ м/хв};$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 52} = 502 \text{ об/хв},$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 500$ об/хв..

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 82 \text{ м/хв}.$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів; L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні; l_1 - довжина врізання; l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{o4} = \frac{2,5 + 2}{0,1 \cdot 500} \cdot 1 = 0,07 \text{ хв},$$

Визначення режимів різання на шостий перехід – розгортання отвору.

Розгортка з вставними зубцями, матеріал ріжучої частини – ВК6.

Глибина різання – 0,15 мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Визначення подачі.

Подачу для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$s_o = s_T \cdot K_S,$$

де: s_T - табличне значення подачі; K_S – поправочний коефіцієнт;

Таким чином подача для обробки поверхонь:

$$s_o = 1,35 \cdot 1 = 1,35 \text{ мм/об.}$$

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання для обробки поверхонь визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} \cdot K_V,$$

де: C_v - постійна у формулі швидкості різання; X_v , Y_v , m , q - показники ступеню; K_V - поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = 0,85$$

Таким чином швидкість різання складає:

$$V = \frac{100,6 \cdot 52^{0,3}}{120^{0,4} \cdot 0,2^0 \cdot 1,35^{0,65}} \cdot 0,85 = 33,8 \text{ м/хв.}$$

Визначення частоти обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: D - діаметр обробки.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 33,8}{3,14 \cdot 52} = 207 \text{ об/хв.}$$

корегуємо за паспортом верстата і приймаємо $n_{пр} = 126 \text{ об/хв.}$

Визначення фактичної швидкості різання.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

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

$$V = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 126}{1000} = 21 \text{ м/хв.}$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i,$$

де: i - кількість проходів; L - довжина робочого ходу:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де: l - довжина оброблюємої поверхні;

l_1 - довжина врізання;

l_2 - довжина перебігу (при обробці в упор $l_3=0$).

Основний час на обробку:

$$T_{o5} = \frac{26 + 3}{1.35 \cdot 126} \cdot 1 = 0,17 \text{ хв,}$$

Основний час на всю операцію:

$$T_{o\Sigma} = 0,64 + 0,05 + 0,11 + 0,07 + 0,17 = 1,04 \text{ хв.}$$

На решту технологічних операцій механічної обробки заданих деталей елементи режимів різання визначаємо за довідниковими таблицями. Результати вибору наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Режими різання на операціях механічної обробки

Номер		$\ell_{р.х.},$ мм	$t,$ мм	S мм/об, S мм/хв	$V,$ м/хв	$n,$ хв ⁻¹	$t_o,$ хв.
операції	переходу						
1	2	3	4	5	6	7	8
Маточина							
005	2	2,0	2	2,0	0,3	149	400
	3	5,0	3	5,0	0,1	65	400
010	2	2,2	2,2	0,4	151,6	420	0,32
	3	1,4	1,4	0,6	33,6	315	0,26
	4	0,3	0,3	0,15	120,9	1100	0,28
015	2	17	4,0	0,2	21	800	0,17

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми

Затискні пристрої верстатів — це механізми, які використовуються для надійного закріплення заготовки або деталі на верстаті під час виконання технологічних операцій, таких як фрезерування, токарна обробка, свердління, шліфування тощо. Затискний пристрій використовується при обробці деталі маточина на 010 операції – комплексна з ЧПУ, затискний пристрій встановлюється на столі верстату. Принцип роботи: деталь маточина встановлюється попередньо обробленою торцевою поверхнею на 005 операції де її фрезерують з одного боку а потім з другого. При подачі стиснутого повітря в штокові порожнини пневмоциліндру поршень разом зі штоком рухається вниз, і діє на прихват. Прихват також рухається вниз притискає оброблюєму деталь до установчих пальців. Таким чином відбувається затиск деталі. При подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину пневмоциліндру, поршень разом зі штоком рухається вгору, і діє на планку таким чином що звільняється деталь. Таким чином відбувається розтиск деталі. Вимоги до затискних пристроїв. Надійність — деталь має залишатися нерухомою навіть за значних навантажень. Точність — забезпечення правильного положення деталі. Універсальність або спеціалізація — можливість використовувати пристрій для різних деталей або специфічних операцій. Ергономічність — зручність у використанні та налаштуванні.

Ескіз пристрою приведено на рис.3.1.

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:

допуски на координуючі розміри, що задані від баз чи базових поверхонь; допуски взаємного розміщення (непаралельності або не перпендикулярності тощо) баз або базових поверхонь затискного пристрою.

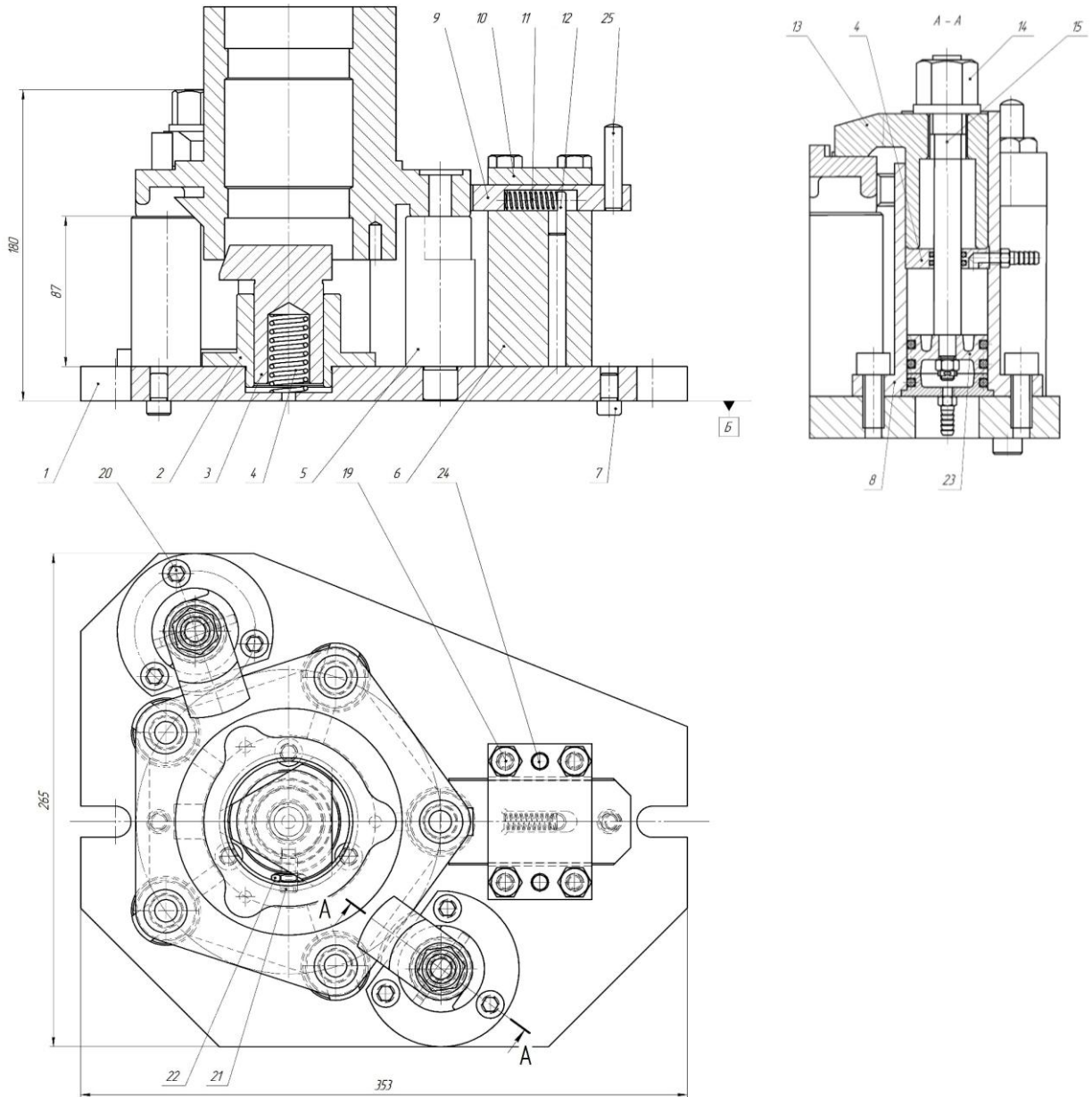


Рисунок.3.1 - Ескіз затискного пристрою

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:

$$\Delta \varepsilon_{np} \leq \delta - \kappa \cdot \sqrt{(\kappa_1 \cdot \Delta \varepsilon_{\delta})^2 + (\Delta \varepsilon_3)^2 + (\Delta \varepsilon_{yct})^2 + (\Delta \varepsilon_n)^2 + (\Delta \varepsilon_{знюсу})^2 + (\kappa_2 \cdot \omega)^2}$$

де:

$\Delta\varepsilon_{\delta}$ - похибка базування; $\Delta\varepsilon_3$ - похибка із-за деформації заготовки;

$$\Delta\varepsilon_3 = \Delta y \cdot \cos \alpha = 0 \quad \alpha = 90^\circ$$

$\Delta\varepsilon_{yem}$ - похибка установки пристрою; $\Delta\varepsilon_n$ - похибка встановлення і зміщення ріжучого і допоміжного інструменту; $\Delta\varepsilon_{зносy}$ - похибка зносу деталей пристрою; ω - значення похибки обробки, виходячи з економічної точності для даного методу: κ_2 - коефіцієнт, який приймається рівним 0,6-0,8; κ_1 - коефіцієнт який враховує можливе відступання від нормального розподілення окремих частин і рівний 1,2.

$$\Delta\varepsilon_{np} \leq 0,14 - 3,24 \cdot \sqrt{(0)^2 + (0,03)^2 + (0,02)^2 + (0)^2 + (0,04)^2 + (0,4 \cdot 0,1)^2}$$

$$\Delta\varepsilon_{np} \leq 0,1023 \text{ мм}$$

3.3 Розрахунок сил затиску

При проектуванні затискного пристрою необхідно визначити силу затиску, яка забезпечує рівновагу заготовки під дією сил різання, тяжіння, тертя та затиску. Для цього спочатку розраховуються сили різання. Далі створюється схема затиску деталі, на якій вказуються точка прикладання сили затиску та її напрямок. На основі цієї схеми складається рівняння рівноваги, що враховує сили різання, затиску та тертя між деталлю та установчими елементами. Отримане значення сили затиску коригується із врахуванням коефіцієнта запасу, що забезпечує надійність роботи затискного пристрою. Схематичне зображення для розрахунку сили затиску наведено на рис. 3.2.

Згідно розрахункової схеми, що зображена на рис.3.2 та довідникової літератури [16] отримаємо рівняння:

$$M_{рез} \cdot K = M_{тр1} + M_{тр2} + M_{тр3};$$

Складаємо рівняння рівноваги:

$$M_{тр1} = \left(\frac{P_0}{2} + W \right) \cdot \frac{fl}{2};$$

$$M_{тр2} = \frac{2}{3} \left(\frac{P_0}{2} + W \right) \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2};$$

$$M_{\text{тp2}} = \frac{2}{3} \left(\frac{P_0}{2} + W \right) \cdot f \cdot \frac{R_1^3 - r_1^3}{R_1^2 - r_1^2};$$

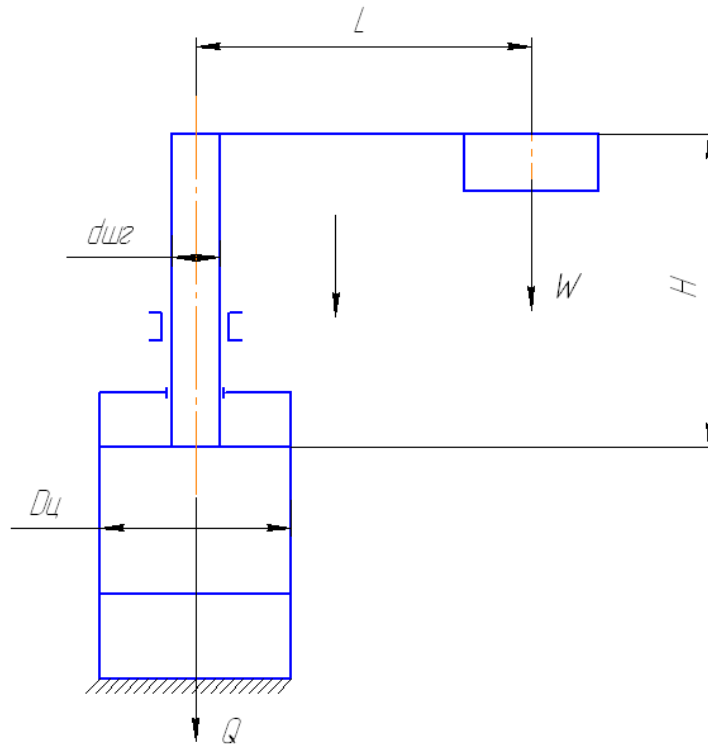


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема до визначення сили затиску

Звідки W дорівнює:

$$W = \frac{M_{\text{рез}} \cdot K - \frac{P_0}{2} \cdot f \left(\frac{l}{2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{R_1^3 - r_1^3}{R_1^2 - r_1^2} \right)}{\frac{l}{2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{R_1^3 - r_1^3}{R_1^2 - r_1^2}}$$

де: P_0 – сила виникаюча при обробці;

K – Коефіцієнти $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$;

K_0 - коефіцієнт гарантованого запаса $K_0=1,5$;

K_1 - враховуються збільшення сил різання від випадкових нерівностей $K_1=1,2$;

K_2 - враховуються збільшення сил різання від затупління ріжучого інструменту $K_2=1,2$;

K_3 - враховуються збільшення сил різання при приривному різанні $K_3=1,0$;

K_4 – характеризує постійність сили затиску $K_4=1,0$;

K_5 – коефіцієнт характеру ручки $K_5=1,0$;

K_6 – коефіцієнт враховуючий тільки в наявності моменту який хоче повернути деталь $K_6=1,5$;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5=3,24;$$

P_0 , яка розраховується за формулою:

$$P_0=10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

K_p – поправочний коефіцієнт, що залежить від якості оброблююмого матеріалу.

$$K_p = 0.64[3], \text{табл.23}$$

$$C_p = 46 (3), \text{табл.32}$$

$$P_0=10 \cdot 46 \cdot 1^{1,0} \cdot 2,63^{0,4} \cdot 0,64 = 233\text{Н}$$

$$M_{\text{рез}} = M_{\text{кр}};$$

$$M_{\text{кр}}=10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p= 10 \cdot 0.196 \cdot 70^{0,85} \cdot 1^{0,8} \cdot 2,63^{0,7} \cdot 0,64=142\text{Н}\cdot\text{м};$$

Тоді, сила затиску деталі:

$$W = \frac{142000 \cdot 3,24 - 116500 \cdot 0,2 \cdot (40 + \frac{2}{3} \cdot 74,11 + \frac{2}{3} \cdot 52,5)}{40 + \frac{2}{3} \cdot 74,11 + \frac{2}{3} \cdot 52,5} = 436780 \text{ Н.}$$

$$\text{Визначаємо діаметр поршня: } D_{\text{поршня}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} \text{ мм};$$

де Q знаходимо по формулі:

$$Q = W \cdot \left(1 + \frac{3fL}{H}\right) = 436780 \cdot \left(1 + \frac{30,2 \cdot 110}{150}\right) = 6289,632 \text{ Н};$$

$$D_{\text{поршня}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6289,632}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85} - 2,5^2} = 72,5 \text{ мм}$$

Приймаємо значення діаметра поршня зі стандартного ряду ГОСТ 21307-

75

$$D_{\text{поршня}} = 75 \text{ мм}$$

Діаметр штока:

$$d_{\text{шт.}}=(0,2 \dots 0,5) D=0,3 \cdot 75=22 \text{ мм.}$$

Хід штока:

$$SQ=2,63 \cdot D=2,63 \cdot 75=197 \text{ мм}$$

3.4 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:

$$\sigma = \frac{Q}{F} \leq [\sigma_{\epsilon}]$$

де F – розтягуючи сила (Q);

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot l \cdot m}{4}$$

$$F = \frac{3,1422^2}{4} = 380$$

d_1 – внутрішній діаметр різьби (14,22 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:

$$\sigma = \frac{6289,63}{380} \leq [\sigma_{\epsilon}]$$

$$\sigma_p = 16,5 \leq [\sigma_p] \text{ Н/мм}^2$$

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

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена конструкторській підготовці виготовлення маточини, яка є складовою частиною опорного колеса сівалки.

1. У кваліфікаційній роботі наведено аналіз точності та технологічності деталі, а також розроблено технологічний процес обробки деталі маточина.

2. Розроблено структуру та зміст кожної технологічної операції технологічного процесу з виділенням оброблених поверхонь, зазначенням відповідних розмірів та позначень базування.

3. Проведено розрахунок точності затискного пристрою верстату на 010 операцію та визначено сили затиску.

4. Розроблено кресленики: схеми механічної обробки на комплексну 010 операцію з ЧПУ, складальне креслення затискного пристрою верстату для обробки маточини. Виконано опис конструкції і принципу роботи затискного пристрою та проведено розрахунок слабких ланок.

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. – Kropyvnytskyi: 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.