

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  
корпус**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ-22мб-3  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Євгеній БОГДАН

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: 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма: Прикладна механіка

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

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Богдану Євгенію Андрійовичу

### Тема роботи:

Розробка технології виготовлення деталі корпус

### 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 корпус 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; дослідити 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 \_\_\_\_\_

Євгеній БОГДАН

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Максим ГОДУНКО

## АНОТАЦІЯ

Богдан Є.А. Розробка технології виготовлення деталі корпус : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. М.О. Годунко. Центральнoукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 46 с.

Креслеників – разом 4 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технології виготовлення деталі корпус на основі базового технологічного процесу з його покращенням та підтвердженням запропонованої раціоналізації відповідними розрахунками. Прискорення соціального розвитку народного господарства країни залежить в першу чергу від інтенсивності виробництва на базі науково-технічного прогресу. Сучасні тенденції розвитку машинобудівного виробництва скеровані на широке використання прогресивних технологій виробництва та комплексної механізації і автоматизації технологічних процесів на підставі застосування програмно керуючого технологічного оснащення. Сучасне машинобудування характеризується значною багатомоделлюваністю та серійністю виробництва. Практично 80% всієї машинобудівної продукції виготовляється в умовах серійного типу виробництва, що обумовлює часте переналагодження технологічного обладнання, за обмежений термін, на випуск іншої продукції. Для забезпечення ефективного функціонування швидко переналагоджуваного виробництва необхідно впроваджувати нові сучасні технології, сучасні різальні інструменти та нове технологічне обладнання побудоване на базі верстатів з ЧПУ. Впровадження нових прогресивних технологій на базі використання верстатів з ЧПУ сприяє розробці більш якісних машин, зменшення їх собівартості та витрат праці, а також матеріальних ресурсів на їх виготовлення.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічного процесу механічної обробки деталі корпус.

**технологічний процес, корпус, припуски, режими різання, затискний пристрій**

## ANNOTATION

### **Bohdan Ye.A. Development of a Manufacturing Technology for a Housing**

**Part:** Bachelor's qualification thesis: specialization 131 Applied Mechanics / scientific supervisor M.O. Hodunko. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi: CNTU, 2025. 46 pages. Drawings – 3 sheets of A1 format.

The aim of the thesis is to develop a manufacturing technology for a housing part based on an initial technological process, improving it, and confirming the proposed optimization with corresponding calculations. The acceleration of socio-economic development in the country's national economy primarily depends on the intensity of production, based on scientific and technological progress. Modern trends in the development of machine-building production are aimed at the extensive use of advanced manufacturing technologies, comprehensive mechanization, and automation of technological processes, utilizing program-controlled technological equipment. Contemporary machine-building is characterized by high diversity and batch production. Approximately 80% of all machine-building products are manufactured in a batch production environment, necessitating frequent reconfiguration of technological equipment within a limited timeframe to produce different products. To ensure the effective functioning of quickly reconfigurable production, it is essential to implement new advanced technologies, modern cutting tools, and new technological equipment based on CNC machines. The implementation of new progressive technologies based on CNC machines facilitates the production of higher-quality machines while reducing their cost, labor intensity, and the consumption of material resources during their manufacture.

This qualification work is dedicated to the development of a technological process for the mechanical processing of a housing part.

**Keywords:** technological process, housing, 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 корпус**

**КРБ.ПМ.25.63.23.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ-22мб-3  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Свгеній БОГДАН

Керівник роботи:  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Максим ГОДУНКО

Кропивницький 2025

## **ЗМІСТ**

<b>Вступ</b>	8
<b>1. Загальна частина</b>	9
1.1 Опис виробу, до складу якого входить деталь	9
1.2 Опис та характеристики вузла та деталі	11
<b>2. Технологічна частина</b>	13
2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі	13
2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі	16
2.3 Визначення технологічних баз на кожну операцію	20
2.4 Розробка структури технологічних операцій	21
2.5 Вибір металорізального обладнання на створені операції	23
2.6 Розрахунок режимів різання	24
2.7 Визначення припусків та операційних розмірів	29
<b>3. Конструкторська частина</b>	
3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми	35
3.2 Розрахунок затискного пристрою на точність	36
3.3 Розрахунок сил затиску	38
3.4 Розрахунок слабких ланок пристрою	42
<b>Висновки</b>	44
<b>Список використаних джерел</b>	45

## ВСТУП

Сучасний розвиток технологій у сфері металообробки спрямований на підвищення ефективності та адаптивності виробництва. Це зумовлено зростаючою потребою в обробці різноманітних деталей у середньо- та малосерійному виробництві, а також необхідністю автоматизації виробничих процесів. Досягнення цих цілей можливе завдяки широкому застосуванню верстатів із числовим програмним управлінням (ЧПУ), особливо багатоцільових моделей, і впровадженню гнучких виробничих систем.

Верстати з ЧПУ забезпечують високий рівень автоматизації обробки, мінімізують час переналаштування навіть для невеликих партій деталей і гарантують високу якість виконання робіт. Під час розробки технологічних процесів механічної обробки в умовах сучасного виробництва необхідно аналізувати різні варіанти обладнання з урахуванням його ефективності, включаючи напівавтомати, верстати з ЧПУ та універсальні пристрої.

Основною перевагою верстатів з ЧПУ є їхні розширені можливості, зокрема контурні системи управління, які дозволяють координувати роботу до шести осей та виготовляти складні деталі. Деякі моделі дозволяють програмувати безпосередньо на місці, що значно спрощує переналаштування. Крім того, висока потужність і динамічна стабільність є ключовими характеристиками такого обладнання.

Такі верстати часто оснащені автоматичними системами зміни інструментів і заготовок. У токарних моделях реалізовано програмне управління контурами по чотирьох осях, а також застосовуються інструментальні головки з індивідуальними приводами.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню технологічного процесу механічної обробки деталі «корпус» із застосуванням верстатів з ЧПУ.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис виробу, до складу якого входить деталь

Сівалка овочева СО-4,2 (рис.1) призначена для рядкового висіву насіння овочевих культур на рівній, гребінній і грядковій поверхнях з одночасним, роздільним від насіння, внесенням мінеральних добрив з підвищеною рівномірністю розподілу насіння в рядку. Сівалка працює з тракторами МТЗ-80 та МТЗ-82.



Рисунко 1.1 – Сівалка овочева СО-4,2, загальний вигляд.

Сівалка овочева СО-4,2 — це спеціалізоване сільськогосподарське обладнання, призначене для висіву насіння овочевих культур на відкритому ґрунті. Її основна функція полягає у забезпеченні точного висіву насіння, що сприяє рівномірному розподілу рослин і підвищенню врожайності.

Основні призначення сівалки СО-4,2:

1. Точний висів насіння овочевих культур: морква, буряк, цибуля, редиска, петрушка та інші дрібнонасінні культури.

2. Регулювання норми висіву: сівалка забезпечує точне дозування насіння залежно від типу культури та умов висіву.

3. Формування рядків: сівалка обладнана механізмами для формування чітких рядків, що полегшує догляд за рослинами.

4. Забезпечення рівномірної глибини висіву: насіння загортається на задану глибину, що сприяє дружному проростанню.

5. Можливість одночасного внесення добрив (у залежності від моделі): деякі модифікації сівалок дозволяють одночасно вносити гранульовані добрива.

Технічні характеристики (залежно від модифікації):

- Ширина захвату: 4,2 метра.
- Кількість сошників: від 10 до 20 (залежить від налаштувань).
- Глибина висіву: регулюється в межах 1-5 см.
- Продуктивність: 2-5 га/год.
- Тип приводу: зазвичай механічний від трактора.

Ця сівалка підходить для використання в умовах фермерських господарств та великих аграрних підприємств. Вона допомагає оптимізувати трудові витрати та підвищити якість вирощування овочів.

Сівалка СО-4,2 складається з таких основних збірних одиниць: ящиків, механізмів передач, маркерів, рами, опорно-привідних коліс, полозовидних сошників, двохстрочних або однострочних сошників, тукопроводів, насінневих проводів, підставки.

Рама сівалки опирається на два пневматичні опорно-привідні колеса. На рамі встановлено два ящика, які мають насіннєве та тукове відділення з котушковими висіваючими апаратами. Привід на вали насінневих та тукових висіваючих апаратів виконується від опорно-привідних коліс через механізми передач розташованих по краях рами. До рами, на спеціальних литих кронштейнах, закріплюються повідки до яких приєднується сошникова

група. До передньої стінки насінневоукокових ящиків закріплені уковисіваючі апарати: на лівому ящику 6 апаратів, на правому – 5. До дна кожного ящика закріплюються 10 насінневовисіваючих апаратів. На боковинах ящиків встановлюються два корпуси, зірочки та зубчаті колеса які передають крутні моменти від опорно привідного колеса на вал насінневовисіваючих апаратів, а також з цього валу на вал ворошилок насінневого відділення ящиків.

## **1.2 Опис та характеристики вузла та деталі**

Корпус СОУ00.106 є однією з ключових деталей овочевої сівалки СО-4,2. Він є складовою частиною висівного апарату, який відповідає за точний дозований висів насіння.

Опис вузла, до якого входить Корпус СОУ00.106: вузол, у який входить Корпус СОУ00.106, зазвичай складається з наступних елементів:

1. Корпус висівного апарату (СОУ00.106): основний компонент, який забезпечує кріплення інших деталей вузла та створює захист для механізмів, що працюють всередині. Виготовлений з металу або високоміцного сплаву, що забезпечує довговічність і стійкість до механічних навантажень.

2. Висівний диск: встановлюється в корпусі, здійснює транспортування насіння до місця висіву. Забезпечує рівномірність висіву завдяки точним отворах, розташованих на диску.

3. Приводний механізм: включає в себе вали, зубчасті передачі та інші елементи, що передають обертальний рух до висівного диска.

4. Регульовальні механізми: забезпечують можливість змінювати норму висіву та глибину закладання насіння.

5. Насіннепроводи: канали, через які насіння потрапляє з висівного апарату в ґрунт.

6. Сошники: розташовані нижче вузла і виконують функцію закладання насіння на потрібну глибину.

Характеристики корпусу СОУ00.106: матеріал виготовлення: литий метал або високоміцний сплав. Форма: оптимізована для захисту внутрішніх деталей і зручного монтажу. Маса: залежить від конструкції, але зазвичай у межах 2-5 кг. Кріплення: передбачає отвори або інші фіксатори для надійного закріплення у складі вузла.

Функції корпусу СОУ00.106:

1. Захищає механізми висівного апарату від механічних пошкоджень, пилу, бруду та вологи.
2. Забезпечує жорсткість конструкції, утримуючи всі складові на своїх місцях.
3. Виступає базою для монтажу інших деталей висівного апарату.

Цей вузол критично важливий для роботи сівалки, оскільки саме від нього залежить якість і рівномірність висіву насіння, що напряму впливає на продуктивність та ефективність роботи техніки.

Корпус СОУ00.106 – це корпусна деталь, що має складну конструктивну форму, тому заготовкою деталі є виливок.

Корпус торцем встановлюється на боковину ящика і через три отвори закріплюється на ній. Через два отвори Ø 44Н14 і отвір Ø 32Н14 в корпус входять шийка валів ворошилок, а в отвори Ø 72к7 і Ø 52к7 встановлюються підшипники, які є опорами для цих валів. В отворах під підшипники передбачені канавки для встановлення стопорних кілець.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі

Точність деталі визначається тим, наскільки її геометричні, розмірні та фізико-механічні параметри відповідають вимогам креслення чи технічної документації. Аналіз точності охоплює такі аспекти:

1. Розмірна точність: перевіряється відповідність фактичних розмірів номінальним значенням з урахуванням допусків. Для цього використовують інструменти, як-от калібри, штангенциркулі, мікрометри.

2. Форма та взаємне розташування: оцінюються відхилення від ідеальної форми (циліндричність, плоскість) або правильність розташування елементів (паралельність, перпендикулярність, концентричність).

3. Шорсткість поверхні: аналізуються параметри обробки поверхні (наприклад, Ra), які впливають на зносостійкість та взаємодію з іншими частинами.

4. Матеріал і механічні властивості: перевіряється хімічний склад, твердість, міцність матеріалу, що визначає здатність деталі витримувати навантаження.

5. Функціональна точність: оцінюється, наскільки точність деталі забезпечує її нормальну роботу в складі механізму чи вузла.

Технологічність деталі полягає у здатності її конструкції забезпечувати ефективно виготовлення з мінімальними витратами. Основні аспекти аналізу:

1. Спрощення конструкції: зменшення кількості оброблюваних поверхонь, застосування стандартних елементів і матеріалів, спрощення форми.

2. Вибір обробки: перевіряється, чи можна виготовити деталь на стандартному обладнанні, оцінюються методи механічної та термообробки, зварювання чи лиття.

3. Економічність виробництва: аналізуються витрати на матеріали, час обробки, обладнання, можливість зменшення кількості технологічних операцій.

4. Уніфікація та стандартизація: використання стандартних заготовок, кріплень та забезпечення взаємозамінності.

5. Експлуатаційні властивості: забезпечення міцності, зносостійкості, корозійної стійкості, а також простота складання, ремонту чи обслуговування.

З метою виконання аналізу точності деталей необхідно виконати ескізи деталей з нумерацією всіх поверхонь, які обробляються, а висновки по точності занести в таблицю 2.1.

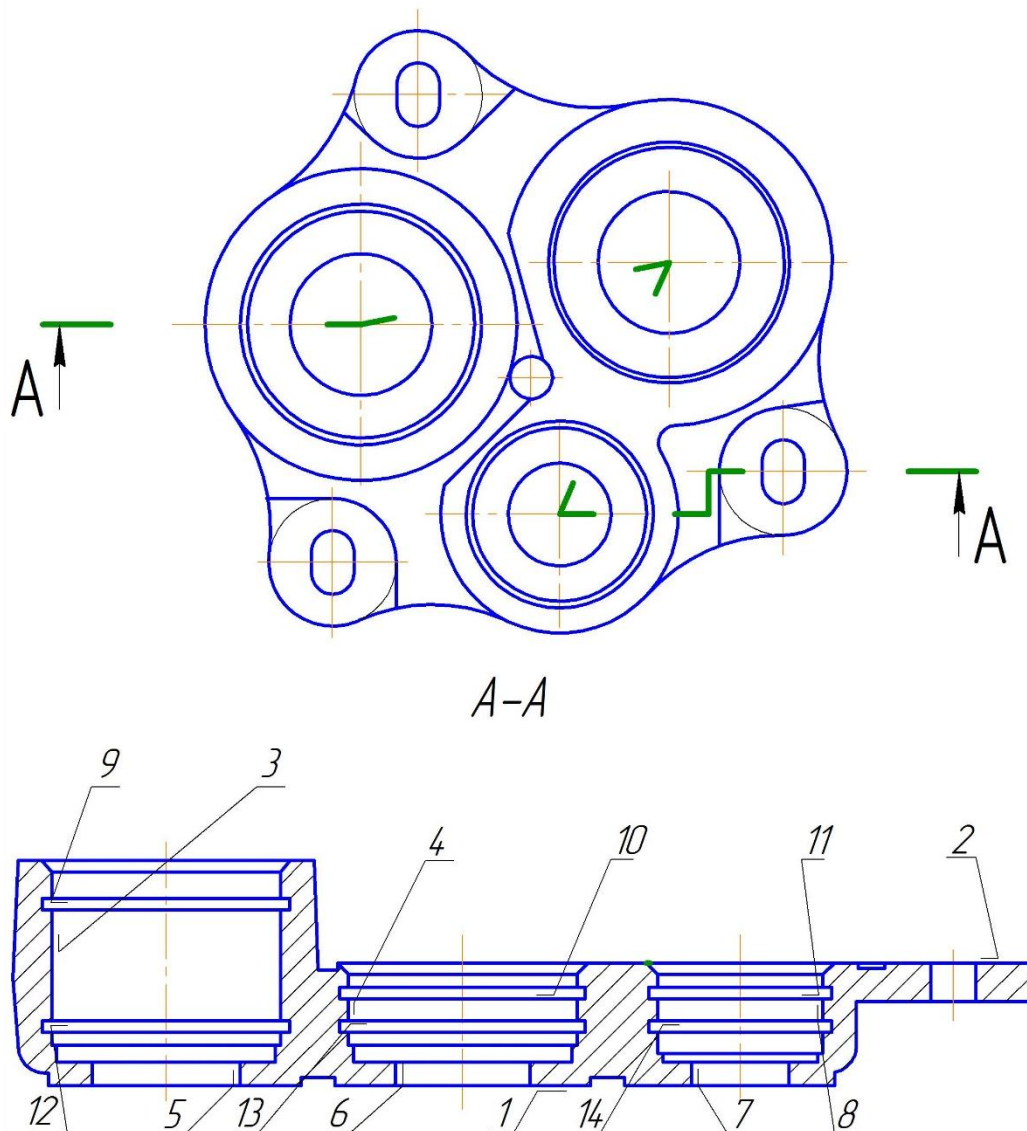


Рисунок 2.1 – Оброблювані поверхні деталі корпусу

Таблиця 2.1 - Характеристика параметрів точності поверхонь корпусу

№ поверхні	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra
				відносних поворотів	форми	
1,2	Горець	32 <sub>-0,4</sub>	h14	-	-	12,5
3,4	Отвір	Ø72 <sup>+0,009</sup> <sub>-0,021</sub>	K7	-	-	1,6
5,6	Отвір	Ø44 <sup>+0,62</sup>	H14	-	-	12,5
7	Отвір	Ø32 <sup>+0,62</sup>	H14	-	-	12,5
8	Отвір	Ø52 <sup>+0,009</sup> <sub>-0,021</sub>	K7	-	-	1,6
9,10	Канавка	Ø75 <sup>+0,4</sup> 2,5 <sup>+0,2</sup>	H13	-	-	6,3
11	Канавка	Ø55 <sup>+0,4</sup> 2,5 <sup>+0,2</sup>	H13	-	-	6,3
12,13	Канавка	Ø73 <sup>+0,4</sup> 5 <sup>+0,2</sup>	H13	-	-	12,5
14	Канавка	Ø53 <sup>+0,3</sup> 5 <sup>+0,2</sup>	H14	-	-	12,5

Аналізуючи параметри точності деталі корпусу, можна відмітити, що всі розміри поверхонь задані коректно та в достатній кількості. Точність розмірів та шорсткість поверхонь технологічно взаємозв'язані. Більшість розмірів задані по 13 та 14 квалітету точності, а три отвори по 7 квалітету точності, що відповідає службовому призначенню поверхонь. Так розмір товщини деталі 32 мм задано по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхонь Ra 12,5, тому, що це є невідповідальні поверхні однієї – однією корпус приєднується до боковини ящика, а на іншу поверхню закріплюється захисний кожух.

Точність трьох отворів Ø 44 мм та Ø 32 мм задано по 14 квалітету точності з шорсткістю Ra 12,5 – через ці отвори проходять кінці валів не торкаючись поверхонь отворів.

А точність трьох отворів Ø72 мм та Ø 52 мм задано по 7 квалітету точності з шорсткістю Ra 1,6 – в ці отвори встановлюються підшипники і ці поверхні являються базовими при складанні збірної одиниці.

Враховуючи, що деталь буде оброблюватись з використанням верстатів з ЧПУ, то є необхідність технологічної переробки креслення деталі з постановкою розмірів від однієї бази – нульової точки деталі.

На характері технологічних процесів обробки деталей впливає технологічність їх конструкцій. Технологічність конструкції деталей повинна забезпечити широке застосування стандартних інструментів та пристроїв, вимагати мінімального об'єму механічної обробки, зменшення кількості технологічних операцій, переходів.

Деталь своєю конструктивною формою відноситься до технологічного класу «корпусні деталі».

Корпус має складну форму, тому при механічній обробці поверхонь виникає необхідність в спеціальних затискних пристроях, щоб забезпечити виконання всіх вимог по точності. Три отвори мають просту форму, вони не ступінчаті і оброблюються на прохід. А три отвори ступінчаті, але в конструкції деталі передбачені канавки для виходу інструменту. До всіх поверхонь, які підлягають механічній обробці є вільний доступ різальних та вимірювальних інструментів. Використав верстат з ЧПУ можна обробити всі отвори деталі без її переустановки на одній операції.

Незначні труднощі виникають при отриманні канавок в отворах на верстаті з ЧПУ, тому необхідно використати спеціальну оправку з видвижним різцем. В цілому, з точки зору механічної обробки деталь корпус є технологічною.

## **2.2 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі**

Аналіз діючих на базовому підприємстві (ВАТ «Червона Зірка») технологічних процесів механічної обробки деталей корпус СОУ 00.106 виконується з метою виявлення їх відповідності вимогам сучасної технології машинобудування, визначення відхилень та недоліків, а також розробці рекомендації по використанню верстатів з ЧПУ. Аналізуючи базові технологічні процеси заданих деталей можна відмітити, що вони

забезпечують виготовлення деталей в повній відповідності з заданими вимогами, що до точності, продуктивності та собівартості.

Базовий технологічний процес механічної обробки деталі корпус складається з 18 операцій механічної обробки, на який використовуються 2 вертикально-фрезерні верстата, один токарно-гвинторізний та 15 вертикально-свердлильних верстата. Таким чином рівень автоматизації і механізації даного тех. процесу достатньо низький. При механічній обробці поверхонь, деталь багато разів переустановлюється, що негативно впливає на точність поверхонь та точність взаємного розташування поверхонь. На перших двох операціях – фрезерних виконується обробка торців деталі, - підготовка базових поверхонь. На послідуючих операціях – свердлильних виконується обробка отворів та канавок.

Для підвищення рівня автоматизації та механізації технологічного процесу, з метою зменшення кількості операцій пропонується замінити 15 вертикально-свердлильних верстата на один свердлильно-розточувальний верстат з ЧПУ. Це дозволить значно зменшити кількість переустановок деталі, скоротити виробничу площу, зменшити кількість транспортних операцій, зменшити кількість робітників і підвищити точність обробки.

Аналіз службового призначення заданої деталі, а також умов їх експлуатації і конструктивних форм визначають матеріал для їх виготовлення. Згідно з вихідними даними базового підприємства та практичного досвіду проектування і експлуатації сільськогосподарських машин для виготовлення корпусу використати сірий чавун СЧ-20 ГОСТ 142-85.

Характеристика хімічного складу та механічних властивостей матеріалів наведені в таблицях нижче.

Таблиця 2.2 - Механічні властивості матеріалу заготовок

Марка матеріалу	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\alpha_H$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	НВ
СЧ-20	20	36	2,5	-	170-229

Таблиця 2.3 - Хімічний склад матеріалу, %

Марка матеріалу	Вміст елементів, %					
	C	Mn	Si	P	S	Cr
СЧ - 20	3,1–3,2	0,5-0,8	1,9-2	0,4	0,012	-

Сірий чавун СЧ-20 використовується в основному для виготовлення корпусних деталей в автомобільній і сільськогосподарській техніці. Чавун відрізняється від сталі по складу – більшим високим вмістом вуглецю, за технологічними властивостями – кращими ливарними властивостями, малою здатністю до пластичних деформацій, а також чавун дешевше сталі.

Після визначення матеріалів заданих деталей обираємо методи отримання заготовок, що здійснюється з врахуванням їх конструктивних форм, службового призначення та фізико-механічних властивостей їх матеріалів, а також типу виробництва.

На підставі аналізу методів отримання заготовок на базовому підприємстві, а також літературних джерел, що до методів отримання заготовок для виготовлення деталей аналогічних конструктивних форм та призначення пропонується розглянути два методи отримання заготовки для деталі корпус: вилівок в кокіль та вилівок в піщані форми.

Вибір оптимального варіанту маршрутного технологічного процесу механічної обробки заданих деталей здійснюється на підставі вибраних маршрутів обробки поверхонь деталей.

Методи та маршрути обробки поверхонь слід визначати з вимог, що до точності та якості готової деталі, які дозволяють найкоротшим та найекономнішим шляхом забезпечити задані параметри деталі за всіма показниками.

При визначенні методів та маршрутів обробки слід прагнути до того, щоб одним і тим же методом мати можливість обробки якнайбільшої кількості поверхонь, що дає можливість розробити технологічні операції з

максимальним суміщенням обробки окремих поверхонь деталі, скоротити загальну кількість різального інструменту, а також кількість переустановок деталі та скоротити тривалість циклу обробки деталі.

При розробці маршрутів виготовлення деталей обираємо металорізальні верстати, які за своїми технічними характеристиками зможуть забезпечити реалізацію розроблених маршрутів. Враховуючи тип виробництва та конструктивну форму заданих деталей, по можливості, максимально використовуємо верстати з ЧПУ – так для деталі корпус це обробний центр HAAS VE -2.

#### Корпус СОУ 00.106

- 005. Фрезерна  
Вертикально-фрезерний 6М 12  
Фрезерувати торець деталі
- 010. Фрезерна  
Вертикально-фрезерний 6М12  
Фрезерувати другий торець деталі
- 015. Комплексна з ЧПУ  
Обробний центр HAAS VE-2  
Зенкерувати послідовно два отвори Ø44  
Зенкерувати отвір Ø32  
Зенкерувати послідовно два отвори Ø72 начорно  
Зенкерувати послідовно два отвори Ø72 начисто  
Зенкерувати отвір Ø52 начорно  
Зенкерувати отвір Ø52 начисто  
Розточити послідовно дві канавки 5, Ø73  
Розточити канавку 5, Ø53  
Розточити послідовно дві канавки 2,65, Ø75  
Розточити канавку 20, Ø55  
Розточити послідовно дві фаски 2 x 60°

- Розточити фаску 2 x 60°
- Розточити послідовно два отвори Ø72 начисто
- Розточити послідовно два отвори Ø72 тонко
- Розточити отвір Ø52 начисто
- Розточити отвір Ø52 тонко
- 020 Слюсарна. Верстака слюсарний. Зачистити задирки
- 025 Обдув очна. Обдути деталь
- 030 Мийна. Машина мийна. Мити деталь
- 035 Контрольна. Стіл контрольний. Контролювати розміри деталі

### **2.3 Визначення технологічних баз на кожну операцію**

Базування деталей у машинобудуванні – це набір методів і процесів, які забезпечують визначення та фіксацію положення деталі чи заготовки щодо координатної системи верстата, іншої деталі або інструменту для виконання конкретних операцій. Цей процес є ключовим для досягнення точності виготовлення деталей і складання виробів у машинобудуванні.

Значення базування. Точність: забезпечує відповідність оброблених поверхонь кресленням і заданим параметрам. Стабільність: гарантує повторюваність виготовлення деталей із високою якістю. Ефективність: сприяє оптимізації технологічного процесу.

У процесі розробки маршрутів виготовлення деталей визначають технологічні бази для кожної операції механічної обробки.

Вибір баз розпочинають із чорнової бази, яка використовується для першої технологічної операції. Її мета – створити технологічні бази для наступних етапів обробки. При цьому важливо дотримуватися принципу єдності баз, щоб забезпечити максимальну точність і зручність у роботі.

На першій операції механічної обробки деталі технологічні бази – необроблені поверхні заготовки, це торець та два отвори. На цій операції готуємо чистові технологічні бази для виконання наступних операцій.

На другій операції технологічна база - оброблена поверхня торцю та поверхні двох отворів.

При обробці отворів на 015 операції технологічною базою є торець деталі та зовнішня поверхня деталі.

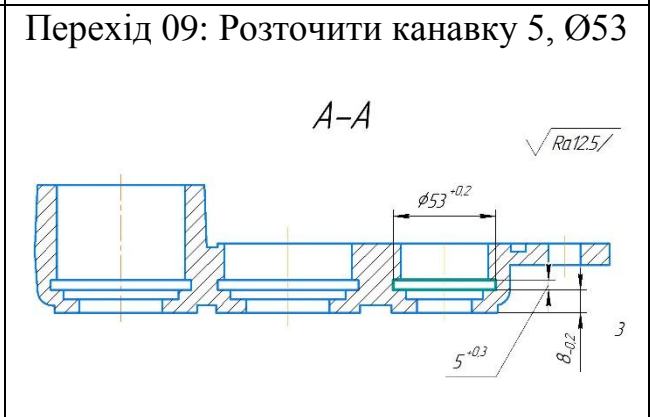
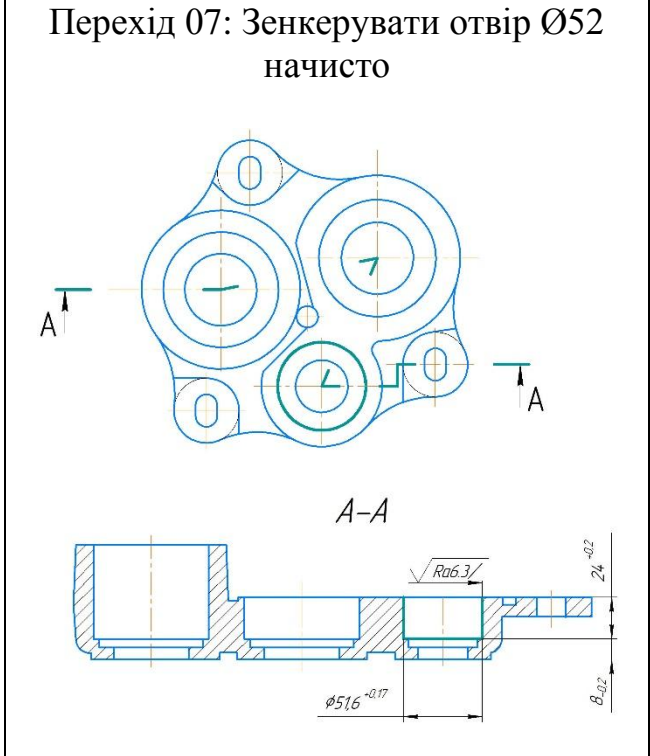
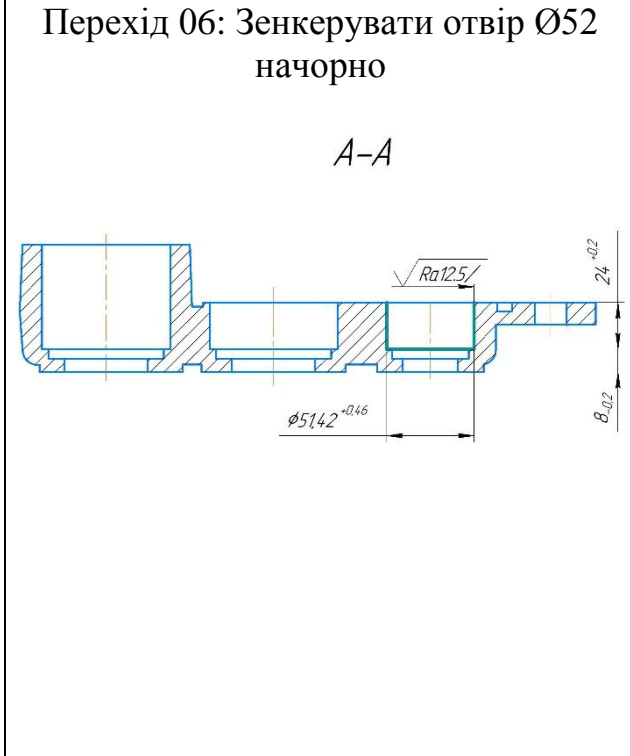
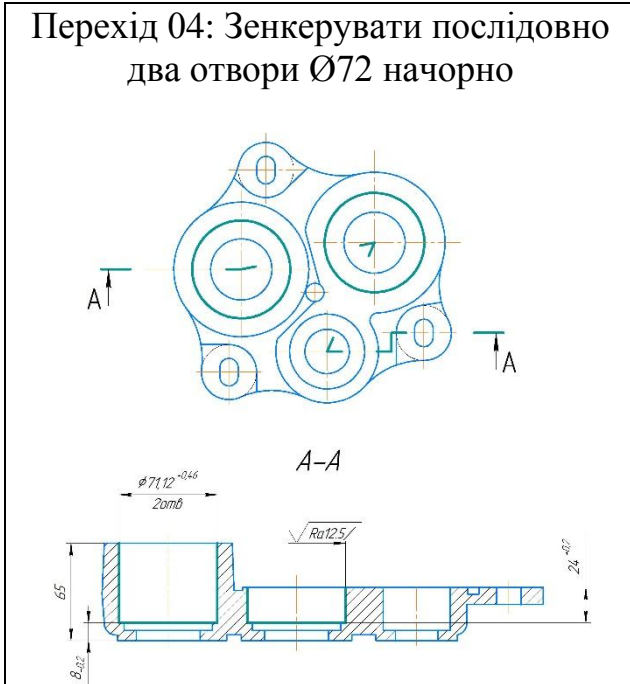
## 2.4. Розробка структури технологічних операцій

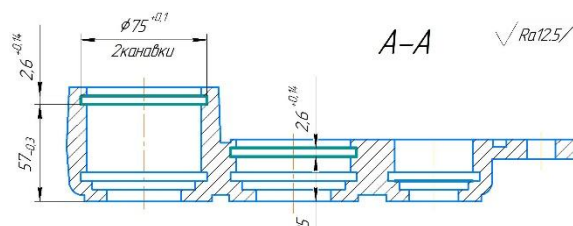
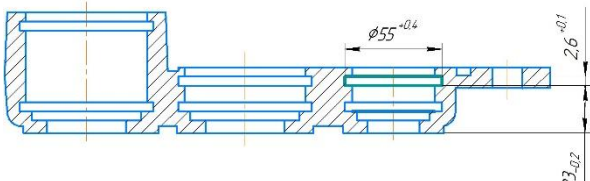
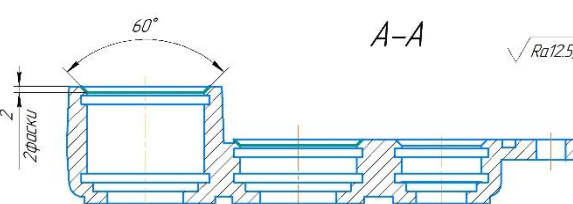
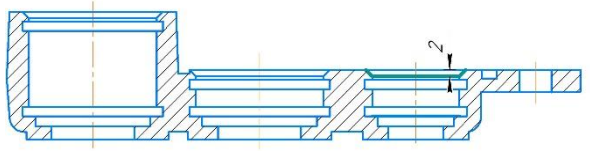
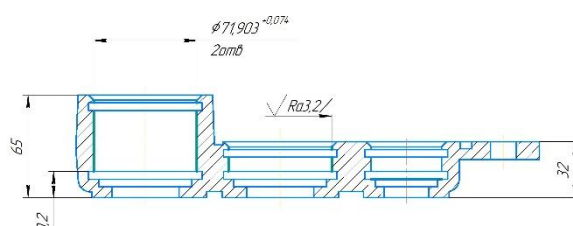
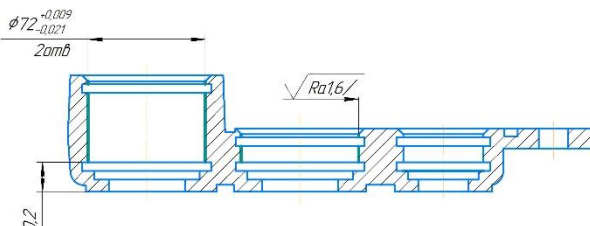
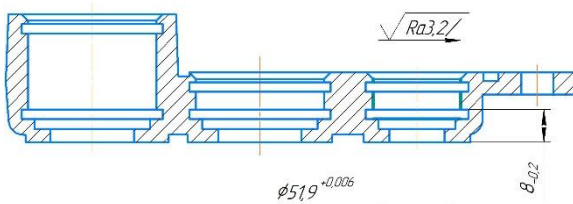
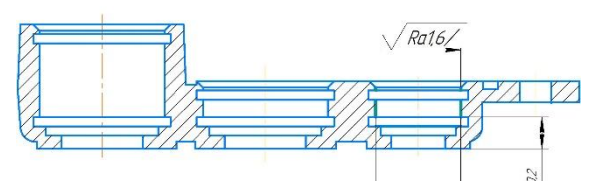
Структура та зміст операцій технологічних процесів механічної обробки деталей розробляються з урахуванням обраних методів і маршрутів обробки, запропонованих технологічних схем виготовлення деталей, а також загальних рекомендацій щодо проектування операцій технологічних процесів. Представимо структуру розробленої комплексної операції з ЧПУ.

Структура операції 015 Комплексна з ЧПУ наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Структура технологічних операцій

015 Комплексна з ЧПУ: Обробний центр HAAS VE-2	
<p>Перехід 02: Зенкерувати послідовно два отвори Ø44</p>	<p>Перехід 03: Зенкерувати отвір Ø32</p>



<p>Перехід 010: Розточити послідовно дві канавки 2,65, Ø75</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with two grooves. The diameter of the first groove is <math>\phi 75^{+0.1}</math> and the diameter of the second groove is <math>\phi 55^{+0.4}</math>. The depth of the grooves is 2,65. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra12.5/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>	<p>Перехід 011: Розточити канавку 20, Ø55</p> <p>A-A</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a groove. The diameter of the groove is <math>\phi 55^{+0.4}</math> and the depth is 2,6. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra12.5/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>
<p>Перехід 012: Розточити послідовно дві фаски 2 x 60°</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with two chamfers. The chamfer angle is 60° and the width is 2. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra12.5/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>	<p>Перехід 013: Розточити фаску 2 x 60°</p> <p>A-A</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a chamfer. The chamfer angle is 60° and the width is 2. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra12.5/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>
<p>Перехід 014: Розточити послідовно два отвори Ø72 начисто</p> <p>A-A</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with two holes. The diameter of the holes is <math>\phi 71.903^{+0.074}</math> and the depth is 2mm. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra3.2/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>	<p>Перехід 015: Розточити послідовно два отвори Ø72 тонко</p> <p>A-A</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with two holes. The diameter of the holes is <math>\phi 72^{+0.009}_{-0.021}</math> and the depth is 2mm. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra1.6/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>
<p>Перехід 016: Розточити отвір Ø52 начисто</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a hole. The diameter of the hole is <math>\phi 51.9^{+0.006}</math> and the depth is 0,2. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra3.2/}</math>.</p>	<p>Перехід 017: Розточити отвір Ø52 тонко</p> <p>A-A</p>  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a hole. The diameter of the hole is <math>\phi 52^{+0.009}_{-0.021}</math> and the depth is 0,2. The surface roughness is <math>\sqrt{Ra1.6/}</math>. The drawing is labeled A-A.</p>

## 2.5. Вибір металорізального обладнання на створені операції

Для впровадження запропонованих технологічних процесів механічної обробки деталей здійснюється підбір металорізальних верстатів. Вибір обладнання базується на аналізі структури та змісту операцій, методів

обробки, конструктивних особливостей і розмірів деталі, а також з урахуванням типу виробництва. Узагальнена технічна характеристика вибраного обладнання представлена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Металорізальні верстати для обробки деталі

№ операції	Найменування та модель верстату	Ряд частот обертання шпинделя, хв. <sup>-1</sup>	Ряд подач, мм/об	Габаритні розміри верстату, мм	Потужність електродвигуна, кВт	Максимальні розміри робочого столу чи max діаметр обробки
Корпус СОУ 00.106						
005 010	Вертикально-фрезерний 6М12	31,5-1600	25-1250 25-1250 8,3-416 мм/хв	1745 x 2260	4,5	1250 x 320
015	Обробний центр НААС VE-2	0÷7500	1 – 4000 мм/хв	2800 x 3710 x 2670	15	914 x 356

## 2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо для деталі корпус.

Різальні інструменти:

пер.2. Різець розточувальний

пер.3. Зенкер Ø34

пер.4. Різець розточувальний

Матеріал різальної частини інструментів: твердий сплав Т5К10;

1. Визначення глибини різання:

$$t_1 = 2,0\text{мм}; \quad t_2 = 1,4\text{мм}; \quad t_3 = 0,3\text{мм};$$

2. Визначення величини подачі:

Для переходу 2 – чорнове підрізання торців та точіння вінця, величина подачі визначається за формулою:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sl} \cdot K_{sn} \cdot K_{sp} \cdot K_{sj} \cdot K_{sm};$$

де:  $S_{от}$  - табличне значення величини подачі;

$K_{si}$  - коефіцієнт від інструментального матеріалу;

$K_{sp}$  - коефіцієнт від способу кріплення пластини;

$K_{sd}$  - коефіцієнт від діаметра деталі;

$K_{sh}$  - коефіцієнт від стійкості ріжучої частини;

$K_{sl}$  - коефіцієнт від вильоту різця;

$K_{sn}$  - коефіцієнт від стану поверхні заготовки;

$K_{sp}$  - коефіцієнт від геометричних параметрів різця;

$K_{sj}$  - коефіцієнт від жорсткості верстата;

$K_{sm}$  - коефіцієнт від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

Таким чином величина подачі для переходу 2 становить:

$$S_o = 0,6 \cdot 0,85 \cdot 1,10 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 0,46 \text{ мм/об};$$

Для переходу 3 – зенкерування, величина подачі становить:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sl} \cdot K_{sn} \cdot K_{sp} \cdot K_{sm};$$

$$S_o = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ мм/об};$$

Для переходу 4 – чистове розточування, величина подачі становить:

$$S_o = 0,17 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,14 \text{ мм/об};$$

Корегуємо отримані величини подач за паспортними даними верстата і приймаємо:

$$S_{o1} = 0,4 \text{ мм/об}; \quad S_{o2} = 0,6 \text{ мм/об}; \quad S_{o3} = 0,15 \text{ мм/об};$$

### 3. Визначення швидкості різання:

Переходи 2,4

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V;$$

де:  $T$  – стійкість інструменту;

$$T = 60xв;$$

$$C_{V1,3} = 350;$$

$$X = 0,15; \quad y_{1,3} = 0,35;$$

$$m = 0,2;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} \cdot K_\phi \cdot K_r;$$

де:  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

$K_{NV}$  – коефіцієнт від стану поверхні;

$K_{IV}$  – коефіцієнт від матеріалу заготовки;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт від кута;

$K_r$  – коефіцієнт від радіуса при вершині різця.

$$K_{MV} = 1 \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2;$$

$K_{nv1,3} = 0,8$ ;  $K_{iv} = 0,83$ ;  $K_{\phi} = 1,0$ ;  $K_r = 0,94$ ; [5] стр. 265.

$K_{V1,3} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 0,75$ ;

$$V_1 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 0,75 = \frac{350}{2,3 \cdot 1,1 \cdot 0,69} \cdot 0,75 = 154 \text{ і} / \delta \hat{\alpha},$$

$$V_3 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,3} \cdot 0,15^{0,4}} \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 170 \text{ і} / \delta \hat{\alpha},$$

Перехід 2

$$V_2 = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V;$$

$$V_2 = \frac{18 \cdot 34^{0,6}}{50^{0,2} \cdot 1,4^{0,2} \cdot 0,6^{0,3}} \cdot 0,75 = 45 \text{ і} / \delta \hat{\alpha},$$

Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d};$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 154}{3,14 \cdot 115} = 426 \delta \hat{\alpha}^{-1};$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 34} = 360 \delta \hat{\alpha}^{-1};$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 170}{3,14 \cdot 35} = 1350 \delta \hat{\alpha}^{-1};$$

Визначені значення частот обертання шпинделя корегуємо за паспортними даними верстата:

$$n_1 = 420 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_2 = 315 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_3 = 1100 \text{ хв}^{-1};$$

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000};$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 420}{1000} = 151,6 \text{ м / хв};$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 315}{1000} = 33,6 \text{ м / хв};$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1100}{1000} = 120,9 \text{ м / хв};$$

4. Визначення сили різання – перехід 2 – чорнове точіння.

$$P_Z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

$$C_p = 300; \quad X = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15; \quad [5] \text{ стр. 274.}$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{УР}} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\text{гр}};$$

$$K_{MP} = \left( \frac{G_{\hat{a}}}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,84;$$

$$K_{\text{фр}} = 1,0; \quad K_{\text{УР}} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{\text{гр}} = 0,93; \quad [5] \text{ стр. 275.}$$

$$K_p = 0,84 \cdot 0,93 = 0,78;$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 151,6^{-0,15} \cdot 0,78 = 1508 \text{ Н};$$

$$\text{Потужність різання: } N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1508 \cdot 151,6}{61200} = 3,6 \text{ кВт}.$$

При потужності електродвигуна верстата  $N = 10 \text{ кВт}$ .

5. Визначення основного часу на обробку здійснюється за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{P.X}}{n \cdot S};$$

де:  $L_{P.X}$  – довжина робочого ходу кожного інструменту.

$$t_{01} = \frac{53}{420 \cdot 0,4} = 0,32 \text{ хв};$$

$$t_{02} = \frac{50}{315 \cdot 0,6} = 0,26 \delta \hat{a},$$

$$t_{03} = \frac{46}{1100 \cdot 0,15} = 0,28 \delta \hat{a},$$

Сумарний основний час на обробку деталі:

$$\Sigma t_0 = 0,32 + 0,26 + 0,28 = 0,86 \text{ хв.}$$

На решту технологічних операцій механічної обробки заданих деталей елементи режимів різання визначаємо за довідниковими таблицями. Результати вибору наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Режими різання на операціях механічної обробки

Номер		t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв. <sup>-1</sup>	t <sub>0</sub> , хв.
Операції	Пере-ходу					
1	2	3	4	5	6	7
Корпус СОУ 00.106						
005	2	3,0	300 мм/хв	62,8	250	1,2
010	2	3,0	300 мм/хв	62,8	250	2,4
015	2	2,0	1,6	110,5	800	0,012
	3	2,0	1,2	80,3	800	0,01
	4	1,5	0,6	129,3	580	0,27
	5	0,26	0,4	129,5	580	0,56
	6	1,5	0,6	104	650	0,07
	7	0,2	0,4	104,1	650	0,1
	8	5	0,2	36,6	160	0,2
	9	5	0,2	37,6	160	0,18
	10	2,6	0,2	35	210	0,09
	11	2,6	0,2	36,2	210	0,08
	12	2,0	0,15	69	300	0,06
	13	2,0	0,15	62	360	0,02
	14	0,15	0,2	180,6	800	0,53
	15	0,05	0,12	180,7	800	0,92
	16	0,15	0,2	146,7	900	0,13
	17	0,05	0,12	147	900	0,22

## 2.7. Визначення припусків та операційних розмірів

Розрахунок припусків та операційних розмірів виконуємо для однієї з найбільш точних поверхонь деталі корпус – отвір  $\text{Ø}72\text{K}7 \left( \begin{smallmatrix} +0,009 \\ -0,021 \end{smallmatrix} \right)$ .

Маршрут обробки поверхні:

Заготовка –  $\delta_3 = 1,8$  мм;

Зенкерування чорнове –  $\delta_1 = 0,46$  мм;

Зенкерування чистове –  $\delta_2 = 0,19$  мм;

Розточування чистове –  $\delta_3 = 0,074$  мм;

Розточування тонке –  $\delta_4 = 0,03$  мм.

Розрахунок припусків виконуємо шляхом заповнення таблиці припусків та операційних розмірів, в яку послідовно записуються технологічний маршрут обробки та всі елементи припуску.

Заготовка – виливок в піщані форми.

Обробка поверхні здійснюється без перевстанови деталі – на одній операції.

Таблиця 2.7 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні  $\text{Ø}72\text{K}7$

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $2Z$ min, мкм	Розрахунковий розмір, $\varphi$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon$				dmin	dmax	$2Z^{TP}$ min	$2Z^{TP}$ max
Заготовка	700		255	-	-	68,997	1,800	67,19	68,99	-	-
Зенкерування чорнове	50	50	15	42 0	$2 \cdot 1190$	71,577	460	71,12	71,58	2590	3930
Зенкерування чистове	30	40	1,3	20	$2 \cdot 125$	71,827	190	71,637	71,827	266	517

Продовження таблиці 2.7

Розточування чистове	20	25	0,5	5	2 · 75	71,977	74	71,903	71,977	150	247
Розточування тонке	5	10	-	1	2 · 16	72,009	30	71,979	72,009	32	76

Сумарне значення просторових відхилень:  $\rho = \rho_{кор}$ .

де:  $\rho_{кор}$  – величина короблення заготовки.

Величину короблення отвору враховуємо як в діаметральному так і в осьовому гнізді:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot \ell)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 77)^2 + (0,7 \cdot 57)^2} = 67 \text{ мкм}$$

де:  $\Delta_K$  – кривизна заготовки;  $\Delta_K = 0,7[2]$  стр.72.

Так як при механічній обробці отвору затиск деталі виконується по площині трьох поверхонь, то  $\rho_{см}$  – сумарне зміщення визначається, як зміщення поверхні відносно отвору:

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{500}{2}\right)^2} = 250 \text{ мкм}$$

де:  $\delta = 500$  мкм – допуск на розмір площини

$$\text{Тоді: } \rho_3 = \sqrt{67^2 + 250^2}$$

Величина залишкового просторового відхилення після чорнового зенкерування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 255 = 15 \text{ мкм};$$

- після зенкерування чистового:

$$\rho_1 = 0,005 \cdot \rho_3 = 0,005 \cdot 255 = 1,3 \text{ мкм};$$

- після розточування чистового:

$$\rho_3 = 0,002 \cdot \rho_3 = 0,002 \cdot 255 = 0,5 \text{ мкм};$$

Похибка установки деталі при чорновому зенкеруванні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

де:  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\varepsilon_{пр.}$  - похибка положення заготовки.

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta D}{2}$$

де:  $\delta D$  – допуск поверхні заготовки по якій виконується базування деталі.

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ мм};$$

Похибка закріплення виникає в результаті зміщення оброблюваної поверхні заготовки від дії затискної сили.

$$\varepsilon_3 = 180 \text{ мкм [2] стр. 81}$$

Похибка положення заготовки виникає від поточності виготовлення пристосування та зносу його установочних елементів, а також похибка індексації – при переміщенні столу.

$$\varepsilon_{пр.} = 0,05 \text{ мм [2] стр. 83}$$

$$\text{тоді: } \varepsilon_{y1} = \sqrt{400^2 + 180^2 + 50^2} = 420 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка при чистовому зенкеруванні:

$$\varepsilon_{y2} = 0,05 \cdot 420 = 20 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_{y3} = 5 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка при тонкому розточуванні

$$\varepsilon_{y4} = 1 \text{ мкм}$$

Виконуємо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків:

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

Значення мінімального припуску:

$$\text{зенкерування чорнове} - 2Z_{min1} = 2 (700 + \sqrt{255^2 + 420^2}) = 2 \cdot 1190 \text{ мкм};$$

$$\text{зенкерування чистове} - 2Z_{min2} = 2 (50 + 50 + \sqrt{15^2 + 20^2}) = 2 \cdot 125 \text{ мкм};$$

$$\text{розточування чистове} - 2Z_{min3} = 2 (30 + 40 + \sqrt{1,3^2 + 5^2}) = 2 \cdot 75 \text{ мкм};$$

розточування тонке -  $2Z_{\min 4} = 2(5 + 10 + \sqrt{0,5^2 + 1^2}) = 2 \cdot 16 \text{ мкм}$ ;

Визначення розрахункового розміру:

розточування чистове –  $dp_1 = 72,009 - 0,032 = 71,977 \text{ мм}$ ;

зенкерування чистове –  $dp_2 = 71,977 - 0,15 = 71,827 \text{ мм}$ ;

зенкерування чорнове –  $dp_3 = 71,827 - 0,25 = 71,577 \text{ мм}$ ;

заготовки –  $dp_3 = 71,577 - 2,58 = 68,997 \text{ мм}$ .

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.11. Визначаємо граничні значення розмірів  $d_{\min}$  і  $d_{\max}$ , а результати також заносимо до таблиці 2.11.

Визначаємо граничні значення припусків  $Z_{\min}^{2p}$  і  $Z_{\max}^{2p}$

Для розточування тонкого:  $2Z_{\max 4}^{2p} = 71,979 - 71,903 - 0,076 \text{ мм} = 76 \text{ мкм}$ ;

$$2Z_{\min 4}^{2p} = 72,009 - 71,977 = 0,032 \text{ мм} = 32 \text{ мкм};$$

Для розточування чистового:  $2Z_{\max 3}^{2p} = 71,903 - 71,637 = 0,266 \text{ мм} = 266 \text{ мкм}$ ;

$$2Z_{\min 3}^{2p} = 71,977 - 71,827 = 0,15 \text{ мм} = 150 \text{ мкм};$$

Для зенкерування чистового:  $2Z_{\max 2}^{2p} = 71,637 - 71,12 = 0,517 \text{ мм} = 517 \text{ мкм}$ ;

$$2Z_{\min 2}^{2p} = 71,827 - 71,58 = 0,247 \text{ мм} = 247 \text{ мкм};$$

Для зенкерування чорнового:  $2Z_{\max 1}^{2p} = 71,12 - 67,19 = 3,93 \text{ мм} = 3930 \text{ мкм}$ ;

$$2Z_{\min 1}^{2p} = 71,58 - 68,99 = 2,59 \text{ мм} = 2590 \text{ мкм}.$$

Величина загального припуску:  $2Z_{\min} = 3019 \text{ мкм}$ ;  $2Z_{\max} = 4789 \text{ мкм}$ .

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків.

$$Z_{\max 4}^{2p} - Z_{\min 4}^{2p} = 76 - 32 = 44 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_4 = 74 - 30 = 44 \text{ мкм}.$$

$$Z_{\max 3}^{2p} - Z_{\min 3}^{2p} = 266 - 150 = 116 \text{ мкм}; \delta_2 - \delta_3 = 190 - 74 = 116 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2}^{2p} - Z_{\min 2}^{2p} = 517 - 247 = 270; \delta_1 - \delta_2 = 460 - 190 = 270 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 1}^{2p} - Z_{\min 1}^{2p} = 3930 - 2590 = 1340 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 1800 - 460 = 1340 \text{ мкм}.$$

Розрахунки виконано вірно.

На підставі виконаних розрахунків виконуємо будову схеми графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору Ø72K7.

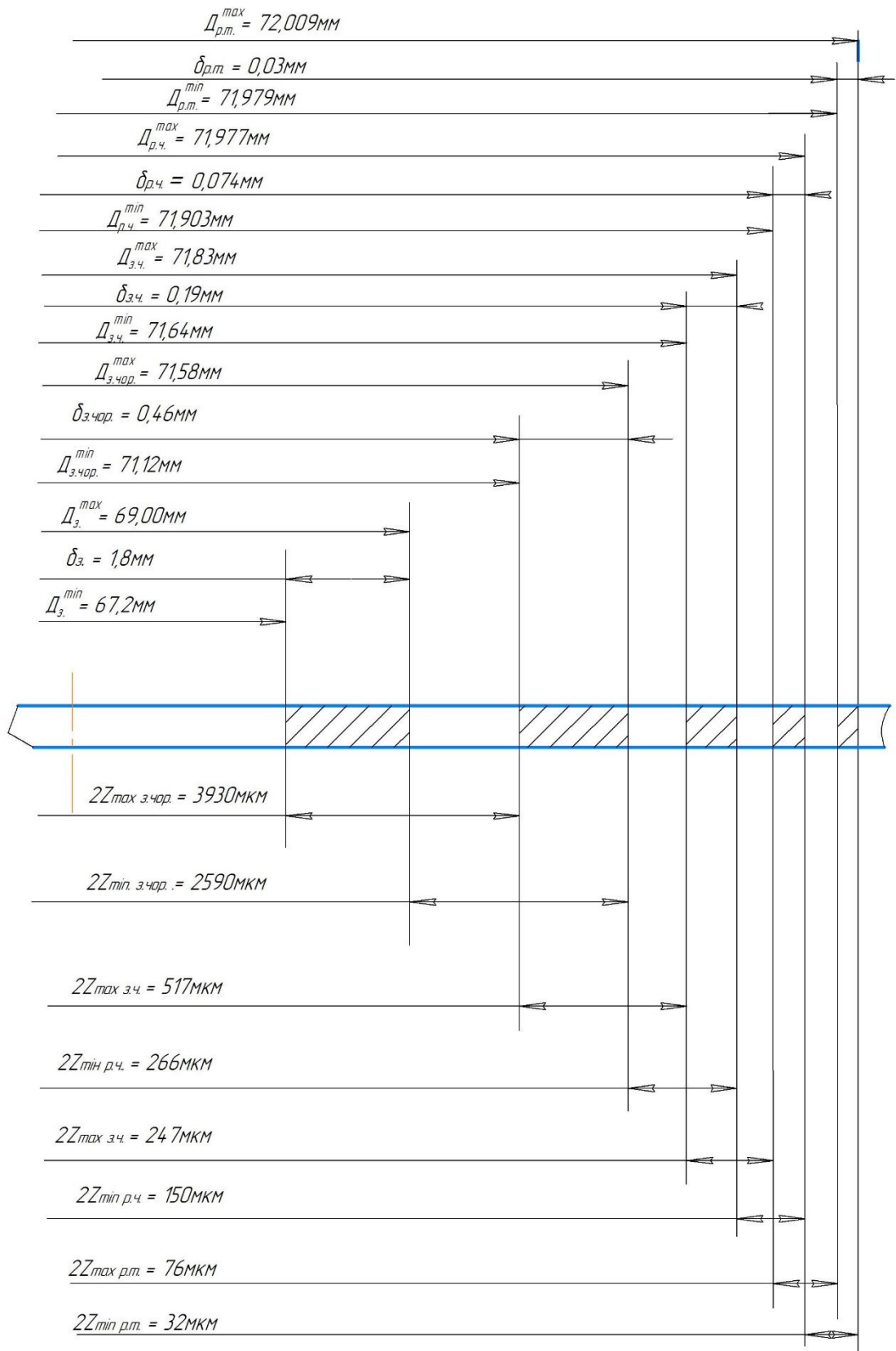


Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків для поверхні Ø72K7

На інші оброблені поверхні заданих деталей вибираємо табличні значення припусків і допусків та заносимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Припуски на обробку заданих деталей

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z <sub>min</sub> (мм)	Технологічний допуск (мм)
1	2	3	4	5
Корпус СОУ 00.106				
1,2	Торець	Фрезерування чорнове	2,2x2	0,3
3,4	Отвір	Зенкерування чорнове	2,6	0,46
		Зенкерування чистове	0,25	0,18
		Розточування чистове	0,15	0,074
		Розточування тонке	0,05	0,03
5,6	Отвір	Зенкерування чорнове	2,0	0,39
7	Отвір	Зенкерування чорнове	2,0	0,39
8	Отвір	Зенкерування чорнове	2,5	0,46
		Зенкерування чистове	0,2	0,17
		Розточування чистове	0,15	0,06
		Розточування тонке	0,05	0,03

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Формулювання службового призначення верстатного пристрою та розробка його принципової схеми

Для фрезерування деталі корпус СОУ 00.106 в розмір 9<sub>-0,36</sub> спроектовано одномісне пневматичне затискне пристосування, яке використовується на операції 005 фрезерна, технологічного процесу механічної обробки деталі.

Затискне пристосування складається з таких основних вузлів та деталей: зварного корпусу поз. 1, на верхній плиті якого встановлено та закріплено призму поз. 7, два направляючих пальці поз. 6, та три опори поз. 12. До вертикальної пластини корпусу прикріплений пневмо-циліндр поз. 4.

На верхній плиті корпусу також закріплено направляючу поз. 14, по якій переміщується рухомий прижим поз. 5. З пневмо-циліндра виходить шток поз. 2, з'єднаний з тягою. Кінець тяги має сферичну поверхню та канавку і цим кінцем тяга входить в рухомий прижим. Для запобігання попадання стружки на направляючу вона закрити щитком поз. 8.

Оброблюєма заготовка встановлюється на три опори та базується отворами по двом пальцям, зовнішньою сферичною поверхнею опирається в нерухому призму. Поворотом важеля крана стисле повітря подається в ліву частину пневмо-циліндра. Під його дією поршень переміщується, а також шток і тяга. Тяга сферичною поверхнею тисне на прижим і затискує заготовку. Після затиску виконується фрезерування заготовки. Відтиск обробленої заготовки виконується в зворотному напрямку – стисле повітря подається в праву частину пневмо-циліндра, поршень переміщується і прижим відходить від заготовки. Після цього вона знімається з пристрою. Для безпеки роботи, пристосування оснащено зворотнім клапаном вмонтованим в пневмо-систему живлення циліндра. Клапан спрацьовує, якщо тиск повітря в системі раптово падає. В цьому випадку заготовка буде надійно затиснута в пристосуванні.

Схема затискного пристрою зображена на рисунку 3.1.

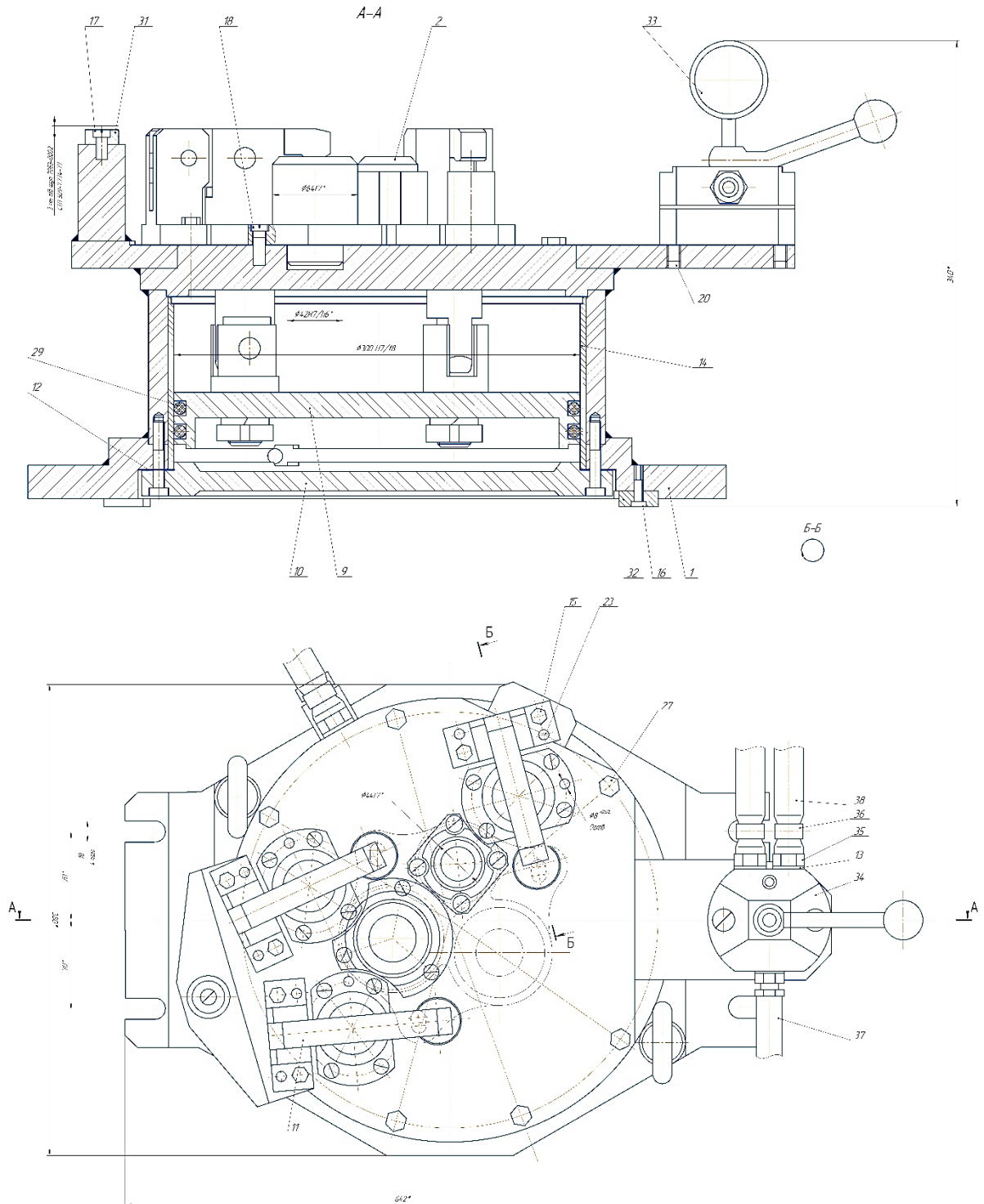


Рисунок 3.1 – Затискний пристрій

### 3.2 Розрахунок затискного пристрою на точність

Розрахунок на точність затискного пристрою верстату виконується з кількох важливих причин, які мають суттєве значення для забезпечення якості обробки, продуктивності та надійності виробничого процесу:

1. Забезпечення точності обробки: затискний пристрій утримує заготовку у фіксованому положенні під час обробки. Помилки у його точності можуть призвести до зміщення заготовки, що впливає на геометричні параметри готового виробу. Розрахунок дозволяє зменшити похибки, забезпечуючи точну відповідність виробу технічним умовам.

2. Мінімізація деформацій заготовки: неправильний розподіл затискних зусиль може спричинити деформацію заготовки, особливо якщо вона виготовлена з матеріалу з низькою жорсткістю. Розрахунок дозволяє оптимізувати затискні зусилля для уникнення таких проблем.

3. Підвищення стабільності процесу: ненадійна фіксація заготовки може призвести до її зміщення або навіть до пошкодження інструменту та обладнання. Розрахунок гарантує стабільність кріплення та безперебійну роботу верстату.

4. Зниження зносу інструменту та пристроїв: неправильна робота затискного пристрою може створювати додаткові навантаження на різальний інструмент або викликати вібрації. Це спричиняє передчасний знос інструментів і механізмів. Розрахунок дозволяє уникнути таких наслідків.

5. Підвищення безпеки роботи: ненадійне затискання заготовки може стати причиною аварійних ситуацій на виробництві. Розрахунок точності затискного пристрою сприяє зменшенню ризику таких випадків.

6. Оптимізація виробничого процесу: завдяки точному розрахунку зменшується потреба у додаткових перевірках, переналаштуваннях і корекціях, що сприяє економії часу і ресурсів.

Таким чином, розрахунок точності затискного пристрою є важливою частиною технологічної підготовки виробництва, яка допомагає забезпечити якість продукції, безпеку та ефективність виробничого процесу.

При встановленні та закріпленні деталі в даному пристосуванні реалізується схема базування, при якій виконується принцип суміщення баз – конструкторської та технологічної і похибка базування:  $E_b = 0$ .

Розрахунок пристрою та точність виконується за формулою:

$$T_{np} = \sqrt{Eб^2 + Eд^2 + Eін^2 + Eверс.^2 + Eпр.^2 + Eвст.^2};$$

де:  $T_{np}$  – точність пристосування;

$Eб$  – похибка базування, відносно отриманого розміру;

$$Eб = 0;$$

$Eз$  – похибка закріплення деталі відносно того ж самого розміру;

$$Eз = 0; [17] \text{ стр. 19};$$

$Eін.$  – похибка направлення та настроювання ріжучого інструменту;

$Eін. = 0$ ; так як в пристосуванні відсутні деталі для направлення інструменту;

$Eвер.$  – похибка верстата;

$$Eвер. = 0,1 \text{ мм} \times 10];$$

$Eпр.$  – похибка виготовлення пристрою;

$$Eпр. = 0,0015 \text{ мкм} [17] \text{ стр. 19};$$

$Eвст.$  – похибка встановлення пристрою на верстаті;

$$Eвст. = 0,02 \text{ мм} [17] \text{ стр. 21};$$

$$T_{n.p.} = \sqrt{0,1^2 + 0,015^2 + 0,02^2} = 0,23 \text{ мм};$$

Перевіряється умова:

$T_{np} \leq T_a$ ; де:  $T_a$  – допуск виконуваного розміру;

$$0,23 < 0,36$$

Умова виконується.

### 3.3 Розрахунок сил затиску

Розрахунок сил затиску деталі в затискному пристрої верстату виконується для досягнення таких ключових цілей:

1. Забезпечення надійної фіксації деталі: щоб деталь не зміщувалася або не прокручувалася під час обробки, потрібно правильно розрахувати силу затиску. Це особливо важливо для високошвидкісних операцій або під час використання великих різальних зусиль.

2. Мінімізація деформацій деталі: затискна сила повинна бути достатньою для надійного утримання деталі, але не надмірною, щоб уникнути деформації заготовки, особливо якщо вона тонкостінна або виготовлена з м'яких матеріалів.

3. Забезпечення точності обробки: неправильно розраховані сили затиску можуть призводити до зміщення деталі під час різання, що впливає на геометричну точність готового виробу. Розрахунок дозволяє мінімізувати такі похибки.

4. Підвищення безпеки роботи: ненадійне кріплення може призвести до того, що деталь випаде із затискного пристрою, створюючи небезпеку для оператора і обладнання. Правильний розрахунок знижує ці ризики.

5. Запобігання пошкодженню інструменту та пристрою: надмірна затискна сила може спричинити пошкодження або передчасний знос затискного пристрою, а також збільшити навантаження на ріжучий інструмент. Оптимальний розрахунок допомагає уникнути таких проблем.

6. Оптимізація виробничого процесу: розрахунок сил затиску дозволяє забезпечити стабільність обробки, зменшити кількість браку та мінімізувати зупинки для переналаштування або корекції затиску.

7. Врахування технологічних особливостей: при різних операціях (точіння, фрезерування, свердління) затискні сили можуть відрізнятися. Розрахунок дозволяє адаптувати силу затиску під специфіку технологічного процесу, враховуючи розміри деталі, матеріал і оброблювану поверхню.

Основні чинники, що враховуються під час розрахунку:

- Матеріал заготовки (жорсткість, тендітність);
- Габарити та форма деталі;
- Вид обробки (тип різання, швидкість і зусилля різання);
- Тип затискного пристрою (механічний, пневматичний, гідравлічний);
- Допустимі навантаження на затискний пристрій та деталь.

Грамотно виконаний розрахунок сприяє ефективній і безпечній роботі обладнання та високій якості готової продукції. Заготовка, що обробляється встановлюється на три опори і притискується при жимом до призми.

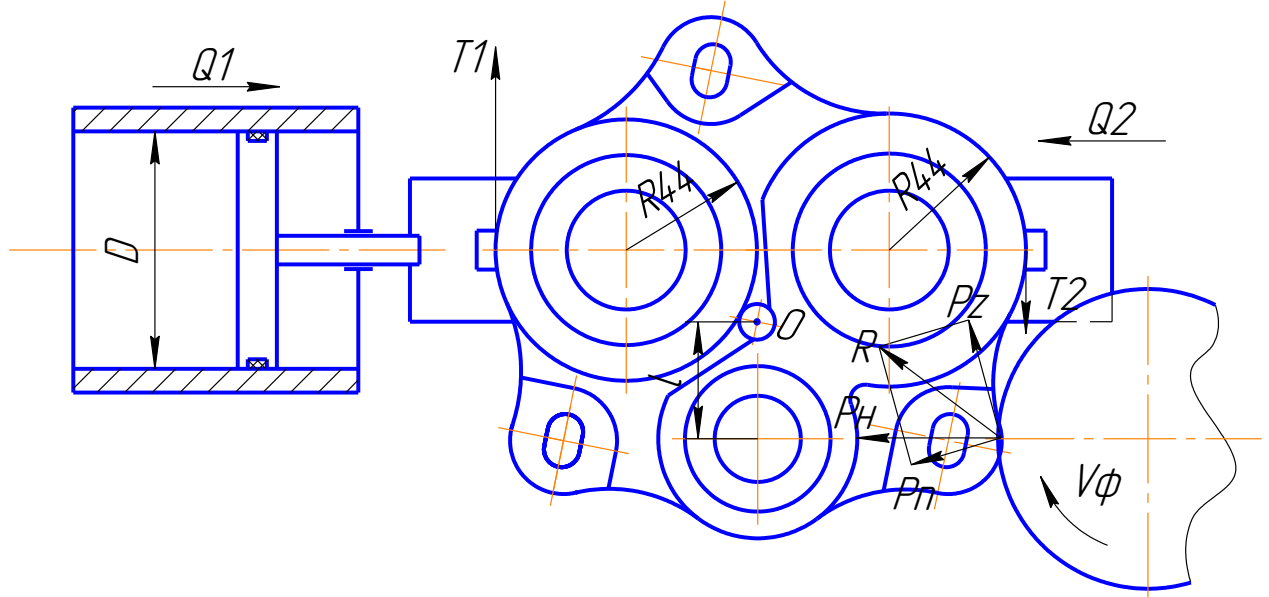


Рисунок 3.2 - Схема затиску заготовки.

При фрезеруванні виникають сили різання, які намагаються здвинути заготовку вгору (в площині креслення силою  $P$ ) і повернути заготовку проти годинникової стрілки силою  $P_n$ .

Сила різання  $P_z$  становить:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 80' \cdot 6}{100^{1,0} \cdot 25^0} \cdot 0,6 = 1092 \text{ H} = 109 \text{ кг}$$

$P_n$  – горизонтальна сила різання, яка становить:

$$P_n = (0,3 \dots 0,4) P_z = 0,3 \cdot 1092 = 327 \text{ H};$$

Рівняння рівноваги заготовки:

$$\sum M_o = 0;$$

З схеми дії сил маємо:

$$Q = Q_1 = Q_2; \quad T = T_1 = T_2;$$

$$\text{Сила тертя } T = f \cdot Q_c;$$

Надійний затиск заготовки, що запобігає здвигу, визначається:

$$Q_z = \frac{KP_z}{2f},$$

де: коефіцієнт запасу;  $K = 1,5 \dots 2,5$ ;

$f = 0,3$  – коефіцієнт тертя чавуну по сталі;

Для запобігання повороту заготовки від дії сили  $P_H$  необхідно створити силу тертя, яка запобігає повороту. Складаємо рівняння моментів від сил тертя і сили  $P_H$  відносно точки  $O$ .

$$P_H \cdot \ell + T_1(R + 44) + T_2(R + 44) = 0;$$

так як  $T_1 = T_2 = T$  тоді:

$$T = \frac{P_H \cdot \ell}{2(R + 44)} = \frac{P_H \cdot \ell}{2(44 + 44)} = \frac{P_H \cdot \ell}{176};$$

Сила затиску визначається за формулою:

$$Q_n = \frac{kT}{f};$$

Сумарна сила затиску від здвигу і повороту заготовки буде дорівнювати:

$$Q = Q_z + Q_n = \frac{kP_z}{2f} + \frac{kT}{f} = \frac{kP_z}{2f} + \frac{k \cdot P_H \cdot \ell}{176 \cdot f};$$

де:  $\ell = 110$  мм – з креслення деталі.

$$Q = \frac{2 \cdot 1092}{2 \cdot 0,3} + \frac{2 \cdot \frac{327 \cdot 110}{176}}{0,3} = \frac{1092}{0,3} + \frac{2 \cdot 327 \cdot 110}{176 \cdot 0,3} = 3640 + 1362 = 5002 \text{ Н} = 500 \text{ кг}$$

Визначаємо діаметр силового приводу. Приводом пристосування являється пневмоциліндр який розташований зліва. Передача зусилля затиску виконується безпосередньо штоком через призму, тому відношення  $i = 1$ ;

Діаметр пневмоциліндра визначається по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi P_v \eta}};$$

де:  $P_v$  = тиск повітря в системі;  $P_v = 4$  кг/см<sup>3</sup>

$\eta = 0,85$  – ккд приводу.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = \sqrt{\frac{2000}{10,7}} = 13,6 \text{ м} \approx 135 \text{ мм} ;$$

Приймаємо діаметр циліндра  $D = 140$  мм;

### **3.4 Розрахунок слабких ланок затискного пристрою**

Слабка ланка затискного пристрою – це елемент або вузол затискного пристрою, який має найменшу міцність або жорсткість у порівнянні з іншими елементами конструкції. Саме цей елемент найімовірніше може вийти з ладу під дією навантажень під час роботи.

Мета розрахунку слабкої ланки. Розрахунок слабкої ланки виконується для таких цілей:

1. Забезпечення надійності пристрою: визначення слабкої ланки дозволяє оцінити міцність конструкції загалом. Якщо слабка ланка не витримує навантажень, це може призвести до виходу з ладу всього затискного пристрою.

2. Оптимізація конструкції: розрахунок слабкої ланки допомагає вдосконалити конструкцію затискного пристрою, замінивши цей елемент на більш міцний або змінивши його форму, матеріал чи розміри.

3. Запобігання передчасному зносу: слабка ланка часто піддається найбільшому зносу або деформації під час роботи. Її розрахунок дозволяє передбачити термін служби елемента та розробити план обслуговування або заміни.

4. Забезпечення безпеки: якщо слабка ланка вийде з ладу під час роботи, це може спричинити поломку пристрою або навіть нещасний випадок. Розрахунок допомагає уникнути таких ситуацій, завчасно виявивши потенційно небезпечний вузол.

5. Адаптація до умов роботи: іноді слабка ланка створюється навмисно, наприклад, у вигляді запобіжного елемента (запобіжний болт, різьбовий штифт тощо), який виходить з ладу першим, запобігаючи більш серйозним

пошкодженням. Розрахунок слабкої ланки в такому випадку необхідний для точного підбору її параметрів.

Основні параметри, що враховуються під час розрахунку:

1. Матеріал слабкої ланки (його механічні характеристики, зокрема міцність на розрив, стиск, згин тощо);
2. Геометрія елемента (переріз, довжина, форма тощо);
3. Навантаження, яке діє на пристрій (динамічне, статичне, вібраційне);
4. Умови експлуатації (температура, корозійне середовище, вологість);
5. Взаємодія з іншими елементами конструкції.

Розрахунок слабкої ланки є важливим етапом проектування затискних пристроїв, який забезпечує їхню надійність, безпеку та ефективність. Це дозволяє уникнути аварій, покращити термін служби пристрою і знизити витрати на ремонт та обслуговування.

Слабою ланкою пристосування являється тяга. Перевіряємо на міцність різьбове з'єднання штока пневмоциліндра з тягою.

На тягу діє сила затиску деталі, яка дорівнює протилежно направленій силі  $Q$  з боку штока. Сила намагається зрізати різьбу М16-7Н. Умова міцності нарізаної частини тяги:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\tau_{ch.}] = Q_1;$$

де:  $d_1 = 13,835$  мм – внутрішній діаметр різьби;

$[\tau_{ch.}] = 750$  кгс/см<sup>2</sup> – допустима напруга зрізу для сталі 35 ГОСТ 1050-74.

$$\text{Тоді: } d_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\tau_{ch.}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 750}} = \sqrt{0,84} = 0,9 \text{ см} = 9 \text{ мм} < d_1 < 13,835 \text{ мм};$$

Умова на міцність виконується.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз базових технологічних процесів механічної обробки заданої деталі, на підставі якого виявлені їх недоліки з технологічної точки зору. Розроблені нові вірогідні технологічні процеси механічної обробки деталі для типу виробництва, який був прийнятий.

В кваліфікаційній роботі було виконано вибір матеріалу , та спроектовано по три ймовірні маршрути обробки заданої деталі і на підставі їх аналізу прийняті до подальшого проектування більш доцільні маршрути обробки деталі корпус. На підставі маршруту було розроблено структуру та зміст операцій механічної обробки. Для цих операцій вибрано металорізальні верстати, затискні пристрої, різальні та вимірювальні інструменти.

Виконано розрахунки припусків, режимів різання та технічних норм часу.

В конструкторській частині спроектовано та розраховано затискний пристрій для операції механічної обробки деталі корпус.

## 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.