

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Назва теми

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація: Технології машинобудування
Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 24313

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1
Шифр

С.С.
Підпис

Сергій СУЧОК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д.т.н., професор
Науковий ступінь, звання

А.Г.
Підпис

Анатолій ГОРДЕЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер _____

С.Б.
Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології
машинобудування _____
Назва

В.Т.
Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

15.12.25
Дата

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
_____ . 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
Сучок С. С.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі
«Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК»

керівник проекту (роботи) Гордєєв А.І., д.т.н., професор
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 20__ р. № _____

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2025 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ.
Конструкторський розділ. Дослідницький розділ. Охорона праці. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: 1 Загальний лист – 1 лист А1; Креслення деталі – 1 лист А2; 2 Креслення заготовки – 1 лист А2; 3. Графотехнологія деталі – 1 лист А1; 4. Карта наладки верстата з ЧПК – 1 лист А1; 5. Верстатні пристрої - 2 листа А1; 6. Контрольний пристрій – 1 лист; Інструмент - фреза – 1 лист А; 18. Дослідницький лист – 1 лист А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2025	
Розділ II	15.10.2025	
Розділ III	30.10.2025	
Розділ IV	15.11.2025	
Розділ V	30.11.2025	

Студент Сергій СУЧОК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи) Анатолій ГОРДЄЄВ
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу Сучка С. С. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної магістерської роботи Сучка С. С. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано технологічний процес виготовлення деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 із застосуванням верстатів з ЧПК, спроектовано свердлувальний та фрезерний верстатні пристрої, контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

Графічна частина виконана на високому рівні із застосуванням програмного продукту SolidWorks. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці наведено аналіз небезпеки та шкідливостей розробленого технологічного процесу обробки деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 та заходи по зменшенню небезпеки та шкідливостей в розробленому технологічному процесі.

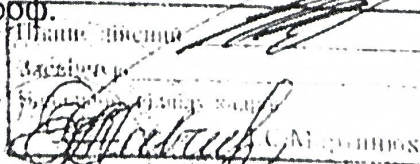
Виходячи з результатів, які містяться в дипломній магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Сучок С. С. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Підпис Дихи О.В.
Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ



Диха О.В.

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Сучка С. С.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТм-24-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2024), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Сучок Сергій Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



[Signature]
(підпис)

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Сучок С.С. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 33,33 %, задовільно 66,67 %.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 40,00 %, D 20,00 %, E 40,00 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Сучок С.С. приступив до виконання дипломного проєкту одразу на виконанні у спеціалізованій групі. За період роботи над проєктом показав добрі механічні знання та вміння вирішувати інженерні завдання. В цілому проєкт оцінюється задовільно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

добре.

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(підпис)

А. Гордєєв
(ім'я, прізвище)

" " " 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Сучок С.С. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технологій машинобудування
(назва)

[Signature]
(підпис, ім'я, прізвище)

" 15 " 12 2025 р.

Анотація

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Автор Сучок С. С. Керівник проекту: А. І. Гордєєв

Об'єм пояснювальної записки 81 стор. Графічна частина 9 листів А1.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Актуальність роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

2. Розроблено нові конструкції пристроїв для свердлування та фрезерування і пристрій для контролю непаралельності поверхонь.

Ключові слова: технологічний процес оброблення заготовки, проектування, програмний продукт.

Автор проекту:

Сучок С. С.

2025

/Підпис/

/Дата/

Abstract

"Improvement of the technological process of manufacturing the part "Hydraulic amplifier housing PEA 01.105" using CNC machines"

Author Suchok S. S. Project manager: A. I. Gordeev

Explanatory note volume 81 pages. Graphic part 9 sheets A1.

Specialty: 131 Applied mechanics.

Relevance of the work Improving the technological process of manufacturing the part "Hydraulic amplifier housing PEA 01.105" using CNC machines is a relevant technological task.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of manufacturing a long part of the hydraulic amplifier housing PEA 01.105.

The subject of the study is the technological process of manufacturing the part "Hydraulic amplifier housing PEA 01.105".

The object of the study is the determination of stresses in the part under working loads, elastic deformations, surface displacements.

Research methods. Using analytical research methods in SolidWorks.

Scientific novelty of the obtained results.

The technological process of manufacturing the part "Hydraulic booster housing PEA 01.105" has been improved using CNC machines.

Practical significance

1. A new technology for manufacturing the part "Hydraulic booster housing PEA 01.105" has been developed.

2. A new design of a milling device and a device for controlling the non-parallelism of surfaces have been developed.

Keywords: technological process of workpiece processing, design, software product.

Author of the project:

Suchok S. S.

2025

/Signature/ /Date/

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.01.00.00 СК	Пристрій для фрезерування	1	
10	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.02.00.00 СК	Пристрій для свердлування	1	
11	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.03.00.00 СК	Пристрій контрольний	1	
12	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.01.01.00.00	Загальний лист	1	
13	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
14	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.04.00.00 СК	Інструмент фреза	1	
15					
16					

					ДРМ. ПМ. ФІТА. 25.00.00. ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Сучок				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв						
Н. Контр.	Бись				Відомість роботи ХНУ-ПМТм-24-1		
Затвердив	Ткачук						

ЗМІСТ

арк

ЗМІСТ.....	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	10
1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	10
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	10
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	13
1.5. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».....	17
1.6 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	21
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	21
2.2 Вибір заготовки та обґрунтування методу її отримання.....	22
2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.....	23
2.2.2 Визначення параметрів заготовки.....	25
2.3 Вибір технологічного маршруту та шляхи його вдосконалення.....	26
2.3.1. Вибір технологічних баз.....	26
2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі.....	27
2.3.3.Встановлення структури та послідовності виконання переходів.....	27
2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі.....	30
2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розмір $\varnothing 50^{+0,062}$	30
2.4.2 Табличний метод призначення припусків.....	35
2.5 Розрахунок режимів різання.....	36
2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на фрезерну операцію 005.....	36
2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання	41
2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції	43

2.7 Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	48
3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	48
3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	48
3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	48
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	51
3.1.4 Розрахунок пристрою на точність.....	52
3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування	53
3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування.....	53
3.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	53
3.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	54
3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	55
3.2.4 Розрахунок пристрою на точність.....	56
3.2.5 Опис роботи пристрою для свердлування	57
3.3 Проектування контрольного пристрою.....	58
3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	58
3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметру.....	58
3.3.3 Розрахунок пристрою на точність.....	58
3.3.4 Принцип роботи пристрою.....	59
3.4 Проектування спеціального різального інструменту.....	61
3.5 Висновки до розділу 3.....	61
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	81

Вступ

Якість машинобудівної продукції є загальним показником науково-технічного прогресу та якості виробленої продукції. Якість продукції машинобудування набуває особливого значення у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку.

Для машинобудівних підприємств підвищення якості машинобудівної продукції має першочергове значення. Це досягається шляхом удосконалення конструкції машин, їх деталей та вузлів, використання нових конструкційних матеріалів, автоматизації технологічних процесів та розробки методів нанесення захисних покриттів. Особливу роль у забезпеченні якості машинобудівної продукції відіграє технологія машинобудування.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що випускається, залежать від безперервного розвитку виробництва, нового обладнання, машин, верстатів, і апаратів, від використання методів техніко-економічного аналізу, забезпечуючого рішення технічних питань і економічну ефективність технологічних і конструкторських розробок.

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні нероздільно пов'язана з технічним переозброєнням і модернізацією засобів виробництва на базі використання найновіших досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка нових видів продукції машинобудування і модернізація засобів виробництва вимагає розробок нових технологічних процесів виготовлення деталей.

Людське суспільство постійно потребує нових видів продукції. Ці потреби можуть бути задоволені тільки за допомогою нових технологічних процесів і нових машин. Для того, щоб задовольнити ці потреби, потрібні нові технологічні процеси і нові машини. В результаті створюються стимули для створення нових машин. Нові технології завжди передбачають нові технологічні процеси.

Однак можливість їх реалізації залежить від ступеня науково-технічного розвитку людського суспільства.

Магістерська дисертація являє собою самостійну завершену роботу, яка спирається на критичний аналіз існуючих результатів та включає обґрунтоване і достатнє вирішення конкретної наукової, науково-методичної чи інженерної проблеми, завершуючи етап наукового дослідження у закладі вищої освіти.

Актуальність роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» з використанням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» з використанням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням верстатів з ЧПК.

2. Розроблено нову конструкції пристроїв для фрезерування, свердління та пристрій для контролю перпендикулярності торців.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Завданням магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки при виготовленні деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105». Для цього необхідно удосконалити технологічний процес виготовлення деталі з використанням верстатів з ЧПК.

Крім розробки технологічних процесів, в магістерській роботі слід спроектувати спеціальне обладнання для обробки поверхонь та контрольний пристрій для контролю паралельності поверхонь.

На додаток до технологічної та конструкторської частини необхідно виконати дослідницьку частину, в якій представити розрахунки на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» являється основою гідропідсилювача, який використовується в рульовому управлінні автономного навантажувача ПЕА 1.0 «Карпатець».

В даному корпусі по внутрішньому отвору $\varnothing 50H9$ ходить поршень з штоком. До торців корпусу з допомогою болтів М8-7Н кріпляться кришки. Для кріплення корпусу до рами навантажувача використовується 4 отвори М8-7Н. Отвори М12-7Н призначені для вгвинчування штуцерів, які з'єднують гідропідсилювач з гідросистемою навантажувача. Через ці отвори робоча рідина потрапляє в корпус і поршень з штоком передає зусилля на кермовий механізм.

Внутрішня поверхня $\varnothing 50H9$ під поршень не допускає раковин і повинна відповідати заданій шорсткості, яка вказана на робочому кресленні.

Недотримання даних вимог призводить до зменшення передаточного тиску гідропідсилювачем. Торці корпусу повинні бути перпендикулярними до осі та $\text{Ø}50\text{H}9$, так як недотримання даної вимоги призводить до перекосу кришки і взагалі до виходу гідропідсилювача з роботи.

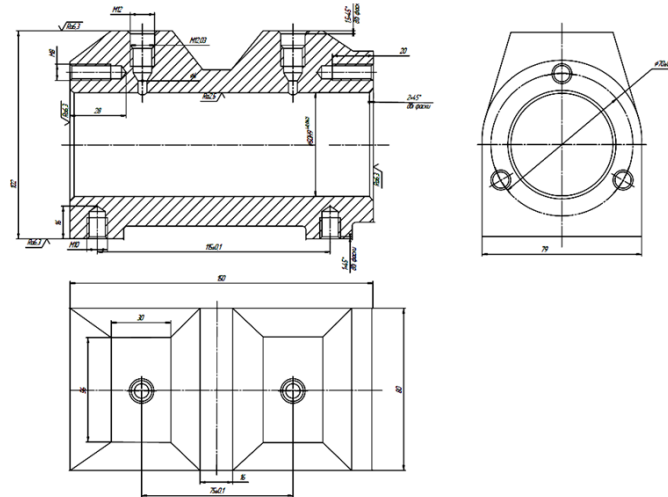


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105»

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Провівши аналіз технічних вимог на вибір можна зробити висновки:

- з точки зору механічної обробки деталь має слідуючі нетехнологічні моменти – всі десять різьбових отворів М8-7Н є глухими, тобто немає виходу ріжучого інструменту і отвори забиваються стружкою, що не дозволяє застосувати при обробці високопродуктивні режими різання;
- також нетехнологічним являється отвір $\text{Ø}50\text{H}9$ шорсткість поверхні якого $Ra\ 0,32\ \mu\text{m}$ і довжина отвору $L = 150\ \text{mm}$ – при такій довжині потрібну шорсткість отримуємо з допомогою розкатки, що збільшує трудомісткість обробки відносно інших методів;
- для базування деталі на операціях технологічного процесу в деталі виконуються два технологічних отвори $\text{Ø}12\text{H}9$, що і відносяться до

нетехнологічності конструкції деталі.

Зрештою деталь достатньо технологічна, дозволяє застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні, досить проста по конструкції. При виконанні різьбових отворів допускається багатоінструментальна обробка. Отвір $\varnothing 50H9$ можна обробити на багатошпindelних верстатах або токарно-револьверних. При обробці отворів під штуцера можна використати комбінований інструмент.

Основні характеристики представлені у табл. 1.1 та 1.2

Дані про хімічний склад матеріалу та його механічні властивості зводимо в таблицю 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну СЧ 20 ДСТУ 4038-2001

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
3,1...3,6	1,8...0,8	0,5...0,8	0,12...0,15	0,3...0,65

Таблиця 1.2 – Механічні властивості чавуну СЧ 20 ДСТУ 4038-2001

Границя міцності при розтягу, МПа	Границя міцності при згині, МПа	Стріла прогину, мм	Твердість НВ
200	400	2,5	170 – 241

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних умов

Призначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
$\varnothing 50H9$	Забезпечення шорсткості поверхні 0,32	Розкатування	Візуальний контроль Взірці шорсткості
$150^{+0,1}_{-0,2}$	Забезпечити перпендикулярність торців відносно $\varnothing 50H9$	Використовуємо суміщення баз (опер. точіння)	Пристрій для контролю

Корпус з точки зору технології механічної обробки не представляє собою великої складності. Форма деталі забезпечує можливість отримати заготовку з

мінімальними припусками під механічну обробку і з хорошими чорновими базами під першу механічну обробку.

В іншому деталь достатньо технологічна, має хороші базові поверхні для першої операції і досить проста по конструкції. Внутрішні поверхні тіл обертання дозволяють застосовувати багатопозиційні способи обробки.

На завершення аналізу конструкції деталі слід відмітити, що конструкція деталі допускає отримати заготовку з мінімальними припусками, що скорочує кількість переходів для оброблення поверхонь.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Визначення типу виробництва проводять беручи за основу габарити, масу і річний об'єм випуску виробу. Існує два методи визначення типу виробництва: аналітичний метод, при допомозі формул і табличний метод.

При аналітичному методі однією з основних характеристик типу виробництва являється коефіцієнт закріплення операцій (K_{30}), який показує відношення числа всіх технологічних операцій, що виконуються на протязі року до числа робочих місць:

$$K_{30} = O/P, \quad (1.1)$$

де O - кількість різних операцій;

P - кількість робочих місць з різними операціями;

Для визначення типу виробництва використовується заводський (базовий) технологічний процес згідно якого нам відомо час, який витрачено на ту чи іншу операцію» [4].

Розглянемо заводський технологічний процес, згідно з яким основний час по операціях зведемо в таблицю 1.4

Таблиця 1.4 – Технологічний процес обробки.

№опер.	Найменування операції	Модель верстату	T _o (хв)
005	Вертикально-фрезерна	6P12	0,38
010	Вертикально-фрезерна	6P12	0,38
015	Радіально-свердлильна	2H55	0,82
020	Агрегатна (свердл.)	AM14129	2,3
025	Токарно-револьверна	1П365	1,83
030	Токарно-револьверна	1П365	1,83
035	Токарно-револьверна	1П365	2,14
040	Радіально-свердлильна	2H55	1,28
045	Радіально-свердлильна	2H55	1,28
050	Радіально-свердлильна	2H55	1,54

Розрахунок проводимо по типорозмірах верстатів, які використовуються в технологічному процесі.

1. Верстат мод. 6P12

$$T_o = T_{o(005)} + T_{o(010)} = 0,38 + 0,38 = 0,76 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шк}(005)} + T_{\text{шк}(010)} = 0,82 + 0,82 = 1,64 \text{ хв.}$$

2. Верстат мод. 2H55.

$$T_o = T_{o(015)} + T_{o(040)} + T_{o(045)} + T_{o(050)} = 0,82 + 1,28 + 1,28 + 1,54 = 4,92 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шк}(015)} + T_{\text{шк}(040)} + T_{\text{шк}(045)} + T_{\text{шк}(050)} = 1,41 + 1,9 + 1,9 + 2,36 = 7,57 \text{ хв.}$$

3. Верстат мод. AM 14129

$$T_o = T_{o(020)} = 2,3 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{шк}} = 3,38 \text{ хв.}$$

4. Верстат мод. 1П365

$$T_o = T_{o(025)} + T_{o(030)} + T_{o(035)} = 1,83 + 1,83 + 2,14 = 5,8 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шк}(025)} + T_{\text{шк}(030)} + T_{\text{шк}(035)} = 2,33 + 2,33 + 2,53 = 7,19 \text{ хв.}$$

Отримавши штучно-калькуляційний час затрачений на обробку, визначаємо кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шк}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}, \quad (1.2)$$

де N – річна програма випуску, $N = 50000$ шт.

F_d – дійсний річний фонд часу, $F_d = 4015$ год.

η_{zn} – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{zn} = 0,8-0,85$);

$$1 \quad m_p = \frac{50000 \cdot 1,64}{60 \cdot 4015 \cdot 0,82} = 0,41 \quad \text{Приймаємо } m_p=1;$$

$$2 \quad m_p = \frac{50000 \cdot 7,57}{60 \cdot 4015 \cdot 0,82} = 1,92 \quad \text{Приймаємо } m_p=2;$$

$$3 \quad m_p = \frac{50000 \cdot 3,38}{60 \cdot 4015 \cdot 0,82} = 0,85 \quad \text{Приймаємо } m_p=1;$$

$$4 \quad m_p = \frac{50000 \cdot 7,19}{60 \cdot 4015 \cdot 0,82} = 1,82 \quad \text{Приймаємо } m_p=2;$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$1. K_3 = 0,41/1 = 0,41$$

$$2. K_3 = 1,92/2 = 0,96$$

$$3. K_3 = 0,85/1 = 0,85$$

$$4. K_3 = 1,82/2 = 0,91$$

Тоді коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{30} = \frac{1}{(1+2+1+2)} = 1,67.$$

Приймаються коефіцієнти закріплення операції:

- для масового виробництва $K_{30} < 1$;
- для великосерійного $1 < K_{30} < 10$
- для серійного виробництва $20 < K_{30} < 40$
- для одиничного виробництва $K_{30} < 40$

В нашому випадку виробництво великосерійне. Дозавантаження обладнання проводимо однотипними деталями.

Форми організації технологічних процесів залежать від встановленого порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні. Рішення про доцільність потокової форми виробництва приймається на основі порівняння заданого добового випуску деталей і розрахункової добової продуктивності потокової лінії. Визначимо річну програму випуску – по базовому підприємству. $N_6 = 50000$ шт.

Отже заданий добовий випуск [4]:

$$N_d = \frac{N_6}{253} = \frac{50000}{253} = 197,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_d = 200$ шт.

Добова продуктивність потокової лінії [4]:

$$Q_d = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{сер}}} \cdot \eta_3 \quad (1.3)$$

де $F_{\text{доб}} = 960$ хв. – добовий фонд часу при роботі обладнання в дві зміни;

$T_{\text{сер}} = 3,6$ хв – середня верстатоемність основних операцій (по базовому технологічному процесі);

$\eta_3 = 0,65-0,75$ – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$Q_d = \frac{960}{3,6} \cdot 0,75 = 200 \text{ шт.}$$

Отже, доцільно використовувати потокову лінію для обночасного запуску

$$n = \frac{N_{\text{пр.}} \cdot a}{253} = \frac{50000 \cdot 3}{253} = 593 \text{ шт}$$

Приймаємо $n = 600$ шт.

«Заготовки під час обробки зберігають біля верстата, потім транспортують партією на возику. В серійному виробництві застосовують також змінно –

потокową форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні металообробні верстати, верстати з ЧПК, та інші металообробні верстати» [5].

1.5 Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105»

Для удосконалення технологічного процесу запропоновано застосувати на операціях оброблення верстати з ЧПК.

Для виконання операції 020 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр VF-1 фірми HAAS. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, свердлування. Загальний вигляд верстата VF1 (рис. 1.4).



Рисунок 1.4. Загальний вигляд верстата VF-1

Для виконання операції 040 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр DM-1 фірми HAAS. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, свердлування, різьбонарізання.

Такий верстат замінить універсальне обладнання та буде проведена концентрація операцій, що дасть з одного установа обробити найбільшу кількість поверхонь.

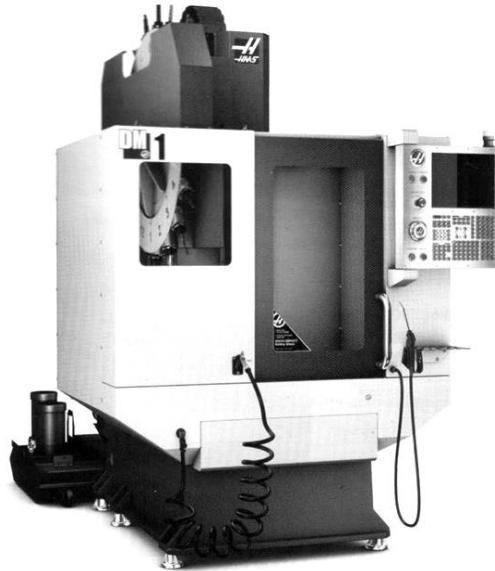


Рисунок 1.6. Загальний вигляд верстата з ЧПК свердлильно-різбонарізного центру DT-1

Для виконання операції 045 приймаємо верстат вертикально свердлувальний моделі 2P135Ф2 – 1.

При застосуванні данного верстата будуть виконуватися за програмою послідовно обробка отворів: свердлування зняття фасок та різбонарізання у декільках отворах з одного установа, що підвищить точність обробки та зменшить час на перевстановку заготовки.

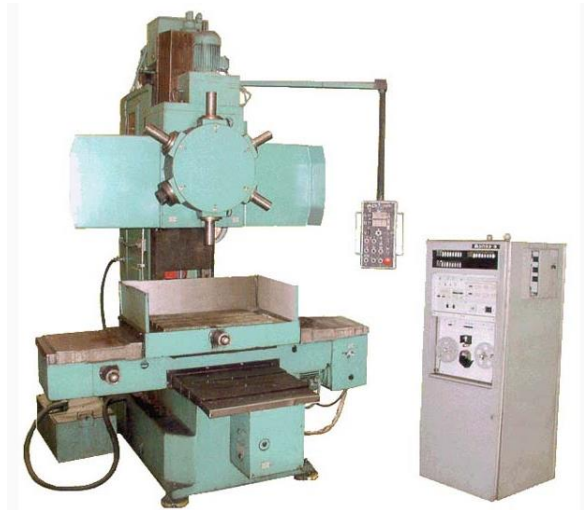


Рисунок 1.3. Загальний вигляд верстата 2P135Ф2 – 1

«Технічна характеристика верстата 2P135Ф2 – 1

Максимальний умовний діаметр свердління	35
Кількість шпинделів револьверної головки	6
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	35,5-1600
Максимальний крутний момент на шпинделі, Н м	200
Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв	4
Швидкість швидкого переміщення столу м/хв	7
Осьове зусилля на шпинделі, Н	15 000
Найбільші програмовані переміщення:	
- вісь X	630
- ось Y	360
- вісь Z	560
Споживана потужність, кВт	9,8» [20].

1.6 Висновки та дослідницькі цілі до розділу 1

Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» показує, що деталь є технологічною, а її конструктивні параметри дозволяють зручний підвод інструменту, до поверхонь, що оброблюються.

На основі типових технологічних процесів необхідно:

1. Розробити удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідروпідсилювача ПЕА 01.105» з використанням верстатів з ЧПК;
2. Спроекувати верстатний пристрій на верстат з ЧПК;
3. Спроекувати контрольний пристрій:

У дослідному розділі провести розрахунки у програмному продукті SolidWorks на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Проаналізовано існуючий технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» з точки зору забезпечення якості продукції, зниження собівартості та підвищення продуктивності праці.

Деталь корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 виготовляється з чавуну СЧ20 ДСТУ 4038-2001 литтям в земляні форми, тому конфігурація зовнішньої і внутрішньої поверхні не викликає великих труднощів при отриманні заготовки. Але формовка із застосуванням стержнів, які формують внутрішній діаметр ($\varnothing 50H9$) проводиться, що приводить до незначних труднощів, тобто необхідності роз'ємну.

Аналіз базового технологічного процесу проведення з точки зору забезпечення заданої якості продукції, яка виготовляється. Литво являється найбільш раціональним способом отримання заготовки, для даної деталі. Собівартість заготовки порівняно невисока, точність достатньо висока, що дає можливість зменшити припуски на механічну обробку. Заготовка відповідає кресленню деталі у відношенні фактичних припусків. Базові поверхні на технологічні операції вибрано правильно. Для одержання заданої точності деталей технологічні операції і переходи встановлені в правильній послідовності. Обладнання підібрано правильно для даного типу виробництва. Оснащеність операцій порівняно добра. На операціях механічної обробки використовується високопродуктивний ріжучий інструмент, оснащений пластинами із твердого сплаву. Якість поверхні після технологічної обробки входить в норми пред'явлені кресленням деталі.

Креслимо ескіз кресленника деталі з вказаними номерами оброблюваних поверхонь (рис. 2.1).

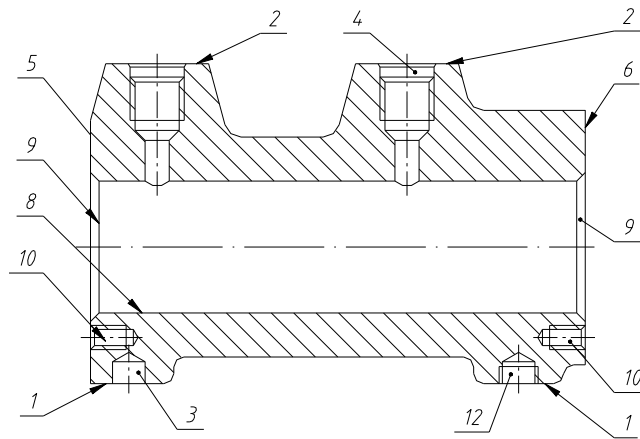


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105»

Режими різання відповідають нормативам.

З проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

- деталь достатньо жорстка і дає можливість прийняти більш прогресивні методи обробки і більш продуктивні методи різання;
- недостатня оснащеність, наприклад на останній операції виконується чотири отвори М8-7Н для кріплення корпусу до рами навантажувача, запропоновано використовувати верстат з ЧПК, що дозволить зменшити трудоемність і собівартість виготовлення деталі.

Після представленого аналізу видно, що базовий технологічний процес підходить до даного типу виробництва і виробничого методу отримання заготовки, але потребує заміни обладнання на більш прогресивне.

2.2 Вибір заготовки та обґрунтування методу її отримання

Загальний напрямок вибору зводимо до одержання такої заготовки, форма і розміри якої найбільш відповідають параметрам готової деталі з врахуванням об'єму випуску. Тому при виборі способу одержання заготовки враховуємо: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, розміри і масу, точність і програму випуску.

Попередній вибір способу одержання заготовки проводимо по [2].

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

Розглянемо два методи одержання заготовки, які використовуються в серійному виробництві.

а) литво в земляні форми;

б) литво в кокіль.

«Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot K_m \cdot Q \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де C_1 - базова вартість однієї тони заготовок;

K_m K_B K_C K_{Π} – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

$S_{\text{відх}}$ – ціна однієї тони відходів, грн;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг»[2]

Литво в земляні форми

$C_1=2200$ грн.;

$K_m=1$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності [2];

$K_C=1$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$K_B=1$ - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

$K_m=1,04$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу[2];

$K_{\Pi}=1$ – коефіцієнт, що враховує об'єм випуску заготовок;

$S_{\text{відх}}=75$ грн. – ціна 1 тони відходів, $Q=4,3$ кг, $q=3.51$ кг.

$$S_{\text{заг}_2} = \left(\frac{2200}{1000} \cdot 4.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (4.3 - 3.5) \cdot \frac{75}{1000} = 9.78 \text{ грн.}$$

Литво в кокіль

$$C_1=2800 \text{ грн.};$$

$K_m=1$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності [2];

$K_c=1$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$K_b=0,91$ - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

$K_M=1$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу[2];

$K_n=0,76$ – коефіцієнт, що враховує об'єм випуску заготовок [2];

$S_{\text{відх}}=75$ грн. – ціна 1 тони відходів, $Q=4,3$ кг, $q=3.51$ кг.

$$S_{\text{заг}_2} = \left(\frac{2800}{1000} \cdot 4,1 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 0,76 \right) - (4,1 - 3,4) \cdot \frac{75}{1000} = 8,125 \text{ грн.}$$

Висновок: доцільніше застосовувати для нашого типу виробництва литво в кокіль.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів одержання заготовки.

Назва позиції	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид заготовки	Литво в земляні форми	Литво в кокіль
Маса заготовки	4,3 кг	4,1 кг.
Коефіцієнт використання матеріалу	0,81	0,86
Собівартість заготовки	9,78 грн.	8,125 грн.

Економічний ефект від використання заготовки проектного варіанту:

$$E = (C_2 - C_1) \cdot N_p \quad (2.2)$$

де C_1 і C_2 – відповідно собівартість заготовок по проектному і базовому варіантах;

N – річна програма випуску $N=50000$ шт.

$$E = (9.78 - 8.125) \cdot 50000 = 82750 \text{ грн.}$$

Висновок: так, як в проектному варіанті коефіцієнт використання матеріалу більший ніж в базовому, а собівартість заготовки менша то доцільніше прийняти проектний варіант.

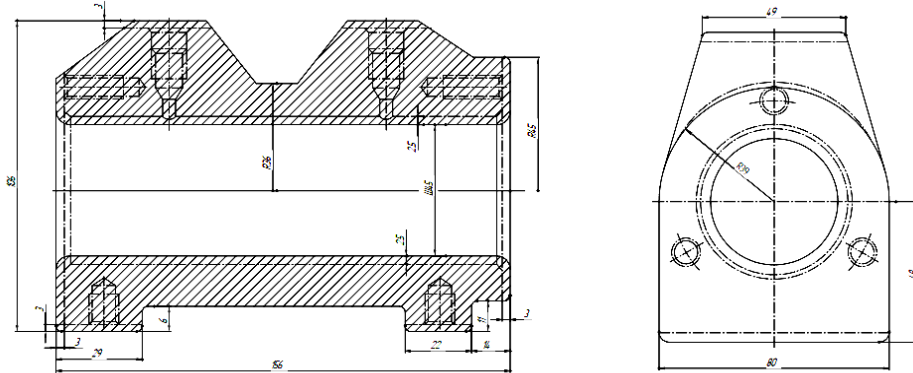


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд зготовки «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105»

2.2.2 Визначення параметрів заготовки

Згідно вимог приймаємо основні параметри заготовки та заносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Параметри заготовки

Вхідні дані	Литво в кокіль	
	Згідно вимогам	Прийнято
1	2	3
Клас розмірної точності	7-12	10
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8	6
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17	14
Шорсткість поверхонь виливків	$R_a = 12,5$	$R_a = 12,5$
Клас точності маси	6-13	10
Ряд припусків	5-8	7

2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення

2.3.1 Вибір технологічних баз

Для забезпечення необхідної точності обробки потрібно вибрати таку схему обробки, яка забезпечує найменшу похибку базування, крім цього необхідно застосувати принцип суміщення баз – суміщення конструкторської та технологічної бази.

На першій операції за чорнову базу (рисунок 2.3) приймаємо чорновий отвір Д ($\text{Ø}50\text{H}9$) і обробляємо площадки А, які є чистовою базою для наступних операцій, тобто токарної, агрегатної та токарно-револьверної. Для орієнтації заготовки відносно повздовжньої осі отвору $\text{Ø}50\text{H}9$ на цих площадках передбачені технологічні отвори Б $\text{Ø}12\text{H}9$ які являються базовими.

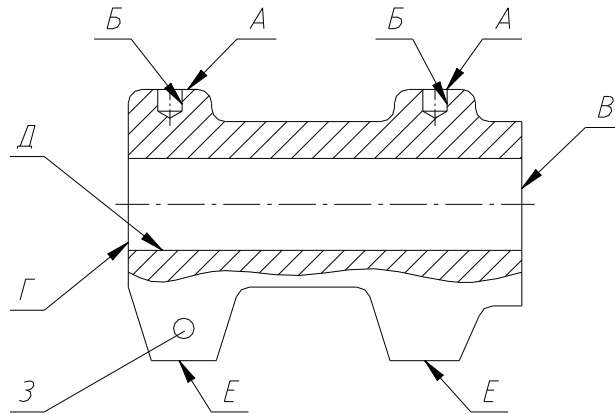


Рисунок 2.3 – Схема вибору технологічних баз

Площадки А являються теж конструкторськими базами і служать для установки корпуса на раму навантажувача. На всіх наступних операціях за базу приймається чистовий отвір Д ($\text{Ø}50\text{H}9$) і торці В і Г.

Висновок: при обробці заготовки необроблені поверхні в якості баз використовуються тільки на першій операції. Точність обробки досягається на

наступних операціях механічної обробки використанням одних і тих же базових поверхонь, тобто використовується принцип єдності і суміщення баз. Бази для кінцевих методів обробки мають найбільшу точність розмірів і найменшу шорсткість поверхні. В нашому випадку бази не деформуються під дією сил різання і сил затиску деталі.

Вибрані технологічні бази разом з затискними елементами забезпечують надійне кріплення і незмінність положення заготовки під час механічної обробки.

Прийняті бази і методи базування забезпечують більш просту і надійну конструкцію приспособлень, зручність встановлення і зняття оброблюваних деталей. Дана схема базування повністю задовольняє технологічний процес виготовлення деталі.

2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

2.3.3 Встановлення структури та послідовності виконання переходів

З аналізу варіантів технологічного процесу з різною концентрацією переходів та продуктивності, можна вибрати остаточний варіант обробки деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

Враховуючи попередній вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки деталі, тип виробництва, метод отримання заготовки і вибір техноогічних баз пропоную наступний порядок механічної обробки деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105».

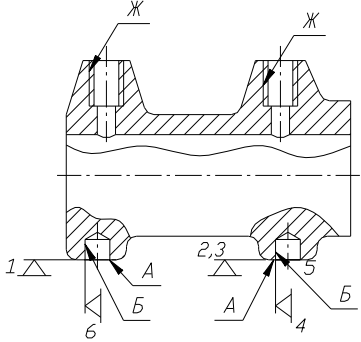
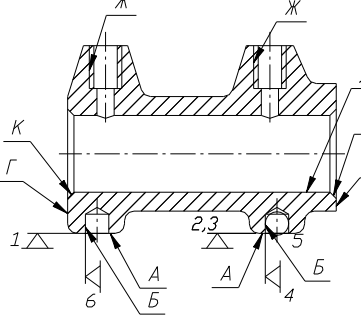
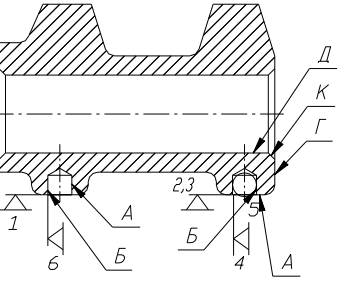
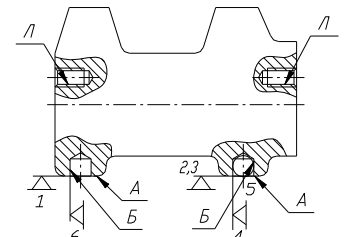
Проектний маршрут механічної обробки включає в себе вибір базових поверхонь заготовки на операціях, види обладнання та орієнтовні схеми базування заготовки на операціях.

Проектний маршрут механічної обробки занесено у таблицю 2.3.

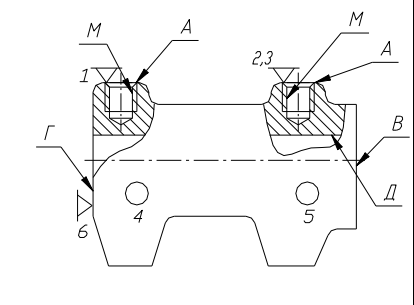
Таблиця 2.3 – Проектний маршрут механічної обробки

№ п/п опер.	Назва операції (переходу)	Обробл. пов.	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
1	2	3	4	5	6
005	Вертикально-фрезерна 1) фрезерувати площадки в розмір 82 _{-0,8}	А	Д, Г, В, З 1,2,3,4 - подвійна направляюча база Б-опорна б-опорна база.	6Р12 Вертикально-фрезерний верстат	
010	Вертикально-фрезерна 1) фрезерувати бобишки в розмір 97±1,0	Е	Г, А, З, 1,2,3- установочна база; 4,5- направляюча база; б-опорна база.	Вертикально-фрезерний верстат мод. 6Р12	
015	Радіально-свердлильна 1) Свердлити 2 отв. Ø10,5 2) Зенкерувати 2 отв. Ø11,82 3) Розвернути 2 отв. Ø12Н9	Б	А, Д, В, Г 1,2,3- установочна база 4,5- направляюча база б-опорна база.	Радіально-свердлильний верстат мод. 2Н55	

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
020	Комплексна з ЧПК 1. свердл. 2 отв. Ø17 на $l=20\pm 0,3$ мм 2. свердлили 2 отв. Ø10 і Ø12 на прохід 3. зенкувати Ø30 4. зенкувати дві виточки Ø20,2 на $l=4\pm 0,2$ мм.	Ж	А,Б 1,2,3 - установча база 4,5 - подвійна опорна база 6-опорна база.	Фрезер но- свердлу вальни й центр VF-1	
025	Токарно- револьверна 1 Підрізати торець 2 Розточити отвір Ø48,5 3 Розточити фаску 2×45	В, Д, О	А,Б 1,2,3- установча база 4,5- подвійна опорна база, 6-опорна база.	Токарн о- револьв ерний верстат мод. 1П365	
030	Токарно- револьверна 1 Підрізати торець $R=150\pm 0,5$ 2 Розточити отвір Ø49,95 _{-0,2} 3 Розточити фаски 2×45	Г, Д, К	А,Б, 1,2,3- установча база 4,5- подвійна опорна база	Токарн о- револьв ерний верстат мод. 1П365	
035	Токарно- револьверна Розкатати отвір Ø50Н9	Д	А, Б	-	-
040	Свердлувальна 1.Свердлили отв. Ø6,7мм; 2.Зняли фаску 0,6×45 3.Нарізати різьбу М8-6Н	Л	А, Б 1,2,3 установча база 4,5- подвійна опорна база	Вертик альний обробл юючий центр DM-1	

Закінчення табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
045	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 4 отв. Ø6,7 2. Зенкувати фаску 3. Нарізати різьбу М8-7Н	М	А,Д,В,Г 1,2,3,- установка база 4,5- направля юча база б-опорна база	Вертик ально- свердли льний верстат мод. 2Р135Ф2	

2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розмір $\text{Ø}50\text{H}9^{+0,062}$

Припуск на обробку – шар матеріалу, який знімається з поверхні заготовки в процесі її обробки для забезпечення заданої якості деталі (поверхні).

Розрахунок припусків і визначення їх величин можемо проводити як розрахунково-аналітичним методом так і табличним.

Результати розрахунку припусків оформляємо у вигляді таблиць.

Розраховуємо припуски на обробку і проміжні граничні розміри для діаметра $\text{Ø}50^{+0,062}$ отвору корпусу розрахунково-аналітичним методом.

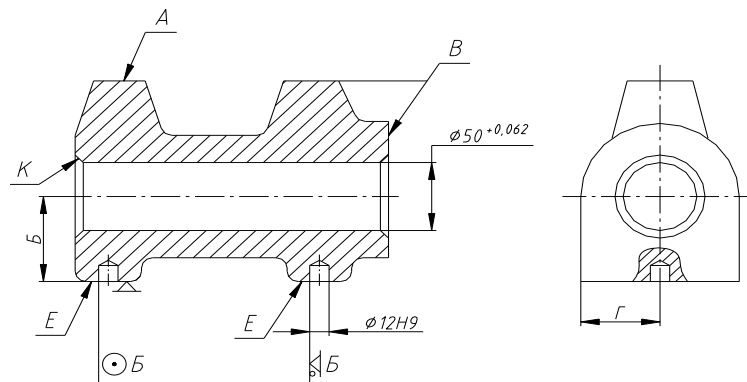


Рисунок 2.4 – Схема базування деталі при обробленні отвору $\text{Ø}50^{+0,062}$

Заготовка являє собою відливку 1-го класу точності, масою 4,3 кг.

Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 50^{+0,062}$ складається з трьох операцій: чорнового і чистового розточування і розкатки. Заготовка базується на даній операції на площадці Е і два отвори $\varnothing 12H9$ (2), виготовлені попередньо. Сумарні значення R_Z і T характеризують якість поверхні заготовки, дорівнюють 600 мкм. [4]. Після першого технологічного переходу величина T для деталей із чавуну виключається із розрахунків, тому для чорнового, чистового розточування і розкатування знаходимо по [18], тільки значення R_Z , відповідно 50, 20 і 0,6 мкм, і записуємо в табл. 2.4

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу визначаємо за формулою [4]:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}; \quad (2.3)$$

де $\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}$ мкм. – величина короблення;

$\rho_{\text{зм}}$ - величина зміщення отвору відносно баз, мкм;

$$\Delta_k = 0,7 \div 1 \text{ [4].}$$

d – діаметр заготовки, $d=45$ мм;

l - довжина обробки, $l=150$ мм.

Отже,

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,8 \cdot 45)^2 + (0,8 \cdot 150)^2} = 125 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2} = \sqrt{400^2 + 400^2} = 565 \text{ мкм.}$$

$\delta_\delta = \delta_\Gamma = 800$ мкм, так як отвір використовувався як базова поверхня при фрезеруванні площини Е і отворів Б (800мкм – допуск при фрезеруванні площадок Е)

Тоді,

$$\rho_3 = \sqrt{125^2 + 566^2} = 580 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового просторового відхилення

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 580 = 35 \text{ мкм} \quad - \quad \text{після чорнового розточування;}$$

$$\rho_2 = 0,02 \cdot 580 = 11,6 \text{ мкм} \quad - \quad \text{після чистового розточування.}$$

Похибка базування в даному випадку виникає внаслідок перекосу заготовки в горизонтальному напрямку при встановленні її на полці пристрою (внаслідок зазорів між пальцями).

Найбільший зазор між отворами $\text{Ø}12\text{H}9^{+0,043}$ і $\text{Ø}12\text{f}7^{-0,016}_{-0,034}$:

$$S_{\max} = \delta_a + \delta_b + S_{\min} \quad (2.4)$$

де δ_a – допуск на отвір $\delta_a = 43 \text{ мкм} = 0,043 \text{ мм}$;

δ_b – допуск на діаметр пальця $\delta_b = 0,034 - 0,016 = 0,018 \text{ мм}$;

S_{\min} – мінімальний зазор між отвором і пальцем;

$$S_{\min} = 0,016;$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки знаходимо за формулою:

$$\text{tg}\alpha = \frac{0,043 + 0,018 + 0,016}{115} = 0,0007.$$

$L = 115 \text{ мм}$ – відстань між отворами;

похибка базування $\varepsilon_6 = L \cdot \text{tg}\alpha = 115 \cdot 0,0007 = 0,1 \text{ мм}$

L - довжина обробки, $L = 150 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_{\text{закр}} = 140 \text{ мкм} [4].$$

Тоді,

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 - \varepsilon_3^2} = \sqrt{100^2 + 140^2} = 172 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.4 – Розрахункові припуски на механічну обробку Ø50H9.

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$	ρ	σ	d_{\min}	d_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
	R_z	T	ρ	ε							
Заготовка	600		580			47,416	400	47,01	47,41		
Розточування - чорнове	50	-	35	172	2·1205	49,826	170	49,82	49,82	2410	2640
- чистове	20	-	12	10	2·86	49,998	100	49,89	49,98	170	240
Розкатка	0,6	-	-	3	2·32	50,062	62	50	50,062	63	100
										2642	2980

Остаточна похибка

$$\varepsilon_r = 0,06 \cdot \varepsilon = 0,06 \cdot 172 = 10 \text{ мкм.}$$

Отже є всі необхідні дані для розрахунку мінімальних значень припусків:

$$2 \cdot Z_{\min i} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.5)$$

На чорнове розточування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (50 + \sqrt{35^2 + 10^2}) = 2 \cdot 86 \text{ мкм};$$

На розкатування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (20 + \sqrt{12^2 + 3^2}) = 2 \cdot 32 \text{ мкм}.$$

Тоді розрахунковий діаметр знаходимо для всіх переходів чистового розточування:

$$d_{p1} = 50,062 - 0,064 = 49,826 \text{ мм};$$

- для чорнового розточування: $d_{p2} = 49,998 - 0,172 = 49,826 \text{ мм};$
- для заготовки $d_{p3} = 49,826 - 2,410 = 47,416 \text{ мм}$

Заповнюємо таблицю 2.5.

Для інших поверхонь припуски і допуски приймаємо згідно таблиць.

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски

Поверхня	Розмір	Припуск	Допуск	Розмір заготівки
3,4	150	3	+1,2 -1,1	$152^{+1,2}_{-1,1}$
2,5	96	3	+0,8 -0,6	$102^{+0,8}_{-0,6}$

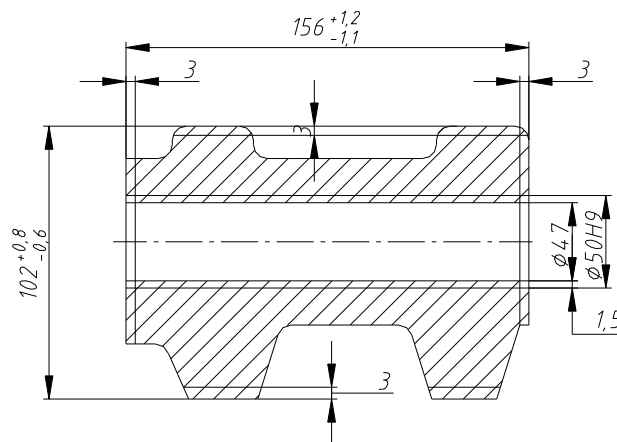


Рисунок 2.5 – Заготовка корпуса з нарахованими припусками і допусками.

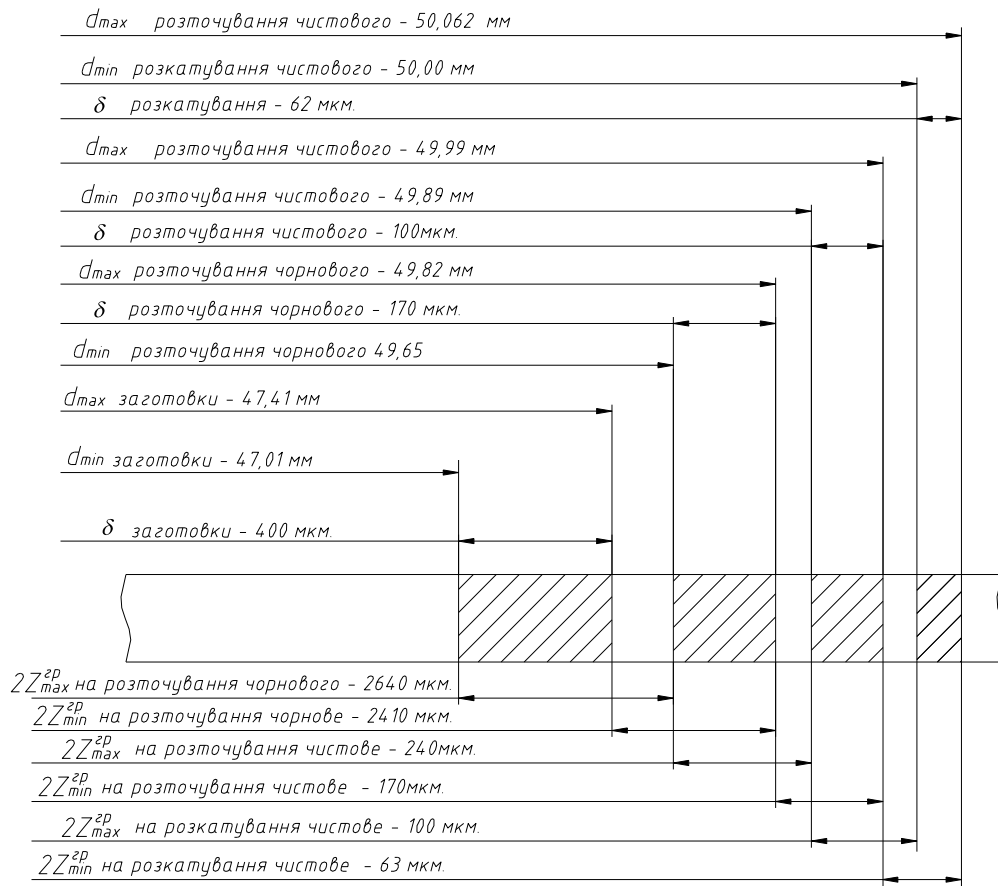


Рисунок 2.6 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отв. $\text{Ø}50^{+0,062}$

2.4.2 Табличний метод призначення припусків

Призначимо припуски табличним шляхом і зведемо їх у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів заготовки

Розміри	Припуск, мм		Допуск
	табличний	розрахунковий	
$\text{Ø}20^{+0,052}$	-	$2 \cdot 0,423$	$\begin{matrix} +0,2 \\ -0,2 \end{matrix}$
$18,3^{+0,14}$	$2 \cdot 1,15$		$\pm 0,2$
$31^{-0,2}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,22$
$48 \begin{matrix} -0,08 \\ -0,24 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,25$
$80 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,29 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,28$
$4^{-0,15}$	1,6		$\pm 0,14$
52 ± 1	1,6		$\pm 0,25$

2.5 Розрахунок режимів різання

2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на фрезерну операцію 005

Розрахунок режимів різання аналітичним методом
 Операція 005 Вертикально-фрезерна
 Фрезерування площадок шириною 82мм і довжиною 38 і 25мм.

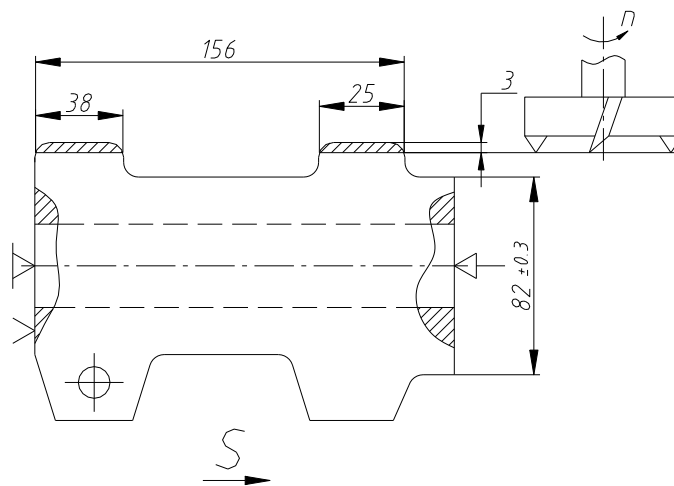


Рисунок 2.7 – Схема обробки

Припуск на обробку $h = 3$ мм. Заготовка – литво. Матеріал заготовки:
 СЧ – 20; НВ 190.

I Різальний інструмент – фреза торцева $D=110$ мм, $z = 8$; ВК-8;

Геометричні параметри фрези: $\varphi=60^\circ$; $\alpha=10^\circ$; $\gamma=-5^\circ$; $\lambda=5^\circ$

II Режими різання.

Припуск знімається за один прохід $t=h=3$ мм.

1. Подача на зуб фрези.

$$S_z = 0.25 \text{ м/зуб, [9].}$$

2. Подача за хвилину

$$S_M = S_z \cdot Z \cdot n = 0,28 \cdot 8 \cdot 250 = 500 \text{ мм/хв.}$$

3. Період стійкості фрези.

$T=180$ хв. [9], табл. 40, стор 290.

4. Швидкість різання.

$$V = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot t^x \cdot S_y^z \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v [9], \quad (2.6)$$

де $C_v = 445$; $g = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$, $m=0,32$. [9].

$$K_v = K_M \cdot K_N \cdot K_U; [18], \quad (2.7)$$

де $K_M = \left(\frac{190}{HB}\right)^n$ - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

[9].

$$K_M = \left(\frac{190}{190}\right)^{1.25} = 1;$$

$K_N = 0,83$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки. [9].

$K_U = 0,83$ - коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал. [9].

Тоді:

$$K_v = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,83 = 0,69;$$

$$V = \frac{445 \cdot 110^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,25^{0,35} \cdot 82^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,69 = 83 \text{ м/хв.}$$

5. Число обертів шпинделя відповідає розрахунковій швидкості різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 83}{3,14 \cdot 110} = 243 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо по паспорту верстата 6P12.

$$n_d = 250 \text{ об/хв.}$$

6. Дійна швидкість різання

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 250}{1000} = 88 \text{ м/хв.}$$

7. Силу різання визначаємо за формулою

$$P_Z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^n \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (2.8)$$

де Z – число зубів фрези;

n – частота обертання фрези, об/хв

$C_p=54,5$; $x=0,9$; $y=0,75$; $u=1,0$; $g=1,0$; $w=0$, [9].

Коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [9].

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6} = 1$$

$$P_Z = \frac{54,5 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 82^1 \cdot 8}{110^1 \cdot 250^0} \cdot 1 = 312 \text{ кГ} = 3210\text{Н};$$

8. Потужність, затрачена на різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_d}{102 \cdot 60} = \frac{312 \cdot 88}{102 \cdot 60} = 4,49 \text{ кВт.}$$

9. Перевіряємо чи достатня потужність приводу верстата 6P12.

Необхідне виконання умови $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шт}}$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,75 = 5,63 \text{ кВт}$$

Умова виконується $4,45 < 5,63$, обробка можлива.

Операція 025 Токарно-револьверна. Перехід 1

Підрізкаторя корпуса $\text{Ø}82$ до $\text{Ø}45$ мм.

Припуск на обробку $h = 3$ мм. Матеріал заготовки: СЧ – 20; НВ 190.

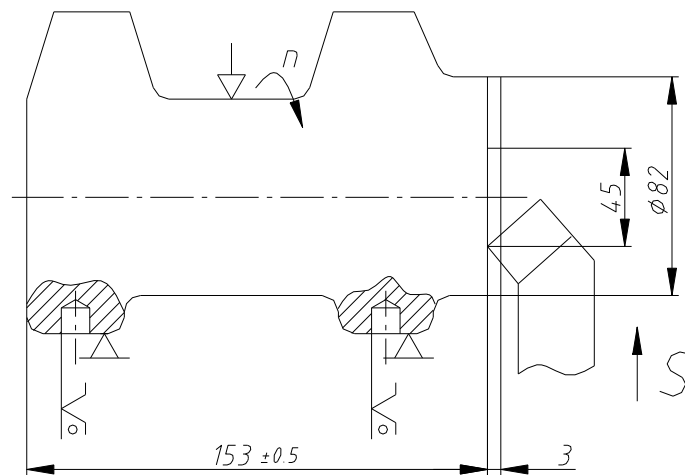


Рисунок 2.8 – Схема обробки

I Різальний інструмент – різець підрізний

Матеріал ріжучої частини – ВК-8. Січення державки різця $B \times H = 16 \times 25$ мм.

Геометричні параметри різця: $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_T = 45^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = -10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$;

$r = 1$ мм.

II Режими різання.

Припуск знімається за два проходи $t = h/2 = 3/2 = 1,5$ мм.

1. Подача $S = 0,4$ м/об [9].

2. Період стійкості різця.

$T = 60$ хв. [9].

3. Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.9)$$

де $C_V = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$. [9].

$$K_V = K_M \cdot K_N \cdot K_U; [17], \text{ стор.268.} \quad (2.10)$$

де $K_M = \left(\frac{190}{HB}\right)^n$ - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

[9].

$$K_M = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,25} = 1;$$

$K_N = 0,83$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки. [9].

$K_U = 0,83$ - коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал. [9].

Тоді

$$K_V = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,83 = 0,69;$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,65^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,69 = 100 \text{ м/хв.}$$

4. Число обертів шпинделя відповідає розрахунковій швидкості різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 82} = 392 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо по паспорту верстата 1П365.

$$n_d = 400 \text{ об/хв.}$$

5. Дійна швидкість різання

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 82 \cdot 400}{1000} = 105 \text{ м/хв.}$$

6. Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_Z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp}; \quad [9]. \quad (2.11)$$

$$P_Z = \frac{54,5 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 82^1 \cdot 8}{110^1 \cdot 250^0} \cdot 1 = 312 \text{ кГ} = 3120 \text{ Н};$$

7. Потужність, затрачена на різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_d}{102 \cdot 60} = \frac{72 \cdot 105}{102 \cdot 60} = 1,24 \text{ кВт.}$$

8. Перевіряємо чи достатня потужність приводу верстата 1П365.

Необхідне виконання умови $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 13 \cdot 0,75 = 9,75 \text{ кВт}$$

Умова виконується $1,24 < 9,75$, обробка можлива.

2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання

Режими різання на інші операції вибираємо по нормативах [9] та заночимо у таблицю 2.7

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця режимів різання

Назва операції переходу, позиції	t мм	L, мм	i	T, хв.	S мм/об	n об/хв	V мм/х в	S _n мм/хв	T _o хв	N кВт
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Вертикально-фрезерна	3	66	1	180	50	250	88	-	-	4,49
Вертикально-фрезерна	3	60	1	180	500	250	88	-	-	4,49
Радіально-свердлильна										
1 перехід	5,28	8	1	31	-	400	13	0,2		1,8
2 перехід	0,66	8	1	30	-	400	15	0,4		0,8
3 перехід	0,09	8	1	60	-	400	18	0,4		0,06
Комплексна ЧПК	3									
1.перехід	8,5	20	1	60	-	300	16	0,2		2,8
2. перехід	6	28	1	60	-	300	12	0,2		2,2
3. перехід	3	3	1	70	-	375	15	0,4		1,1
4. перехід	0,85	4	1	40	-	375	15	0,4		0,4
5. перехід	0,5	1	1	60	-	375	15	0,4		0,3
6. перехід	0,15	4	1	75	-	200	16	0,8		0,6
7.перехід	0,81	13	1	60	-	235	14	1,5		0,6
Токарно-револьверна										
1 перехід	1,5	18,5	1	60	-	400	105	0,4		1,24
2 перехід	1,0	150	1	60	-	400	80	0,25		1,1
3 перехід	1,0	1	1	60	-	40	80	0,25		1,1

Закінчення табл. 2.7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Токарно-револьверна	0,01	150	1	-	-	360	120	0,1		1,2
Свердлувально-різьбонарізна										
1 перехід	3,35	23	1	35	-	630	13	0,12		1,8
2 перехід	1,5	1,5	1	30	-	630	20	0,12		0,9
3 перехід	0,67 5	20	1	90	-	125	4	1,25		0,5
Радіально-свердлильна										
1 перехід	3,35	2,3	1	35	-	630	13	0,12		1,8
2 перехід	1,5	1,5	1	30	-	630	20	0,12		0,9
3 перехід	0,67 5	20	1	90	-	125	4	1,25		0,5

2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції

Проведемо визначення штучного часу на операцію 005

Під технічним нормуванням розуміють встановлені норми часу на виконання визначеної роботи в штуках на одиницю часу.

Норми часу визначають на основі технічного розрахунку і аналізу виходячи з умови найбільш повного використання технічних можливостей верстату та інструменту у відповідності з вимогами до обробки даної деталі.

Для розрахунку норми часу необхідно визначити розрахункові розміри оброблюваних поверхонь для кожної операції або переходу, який входить в склад операції, виконувану на даному верстаті.

«Загальна довжина обробки вираховується за формулою:

$$L_{p.x.} = l_p + l_{вр} + l_n ; \quad (2.12)$$

де l_p – довжина різання, мм;

$l_{вр}$ – довжина різання інструменту, мм;

l_n – довжина перебігу інструменту, мм.

В серійному виробництві вираховується норма штучно-калькуляційноо часу:

$$T_{ш.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} \cdot T_{ш} ; [9], \quad (2.13)$$

де T_o – основний машинний час, хв;

T_d – допоміжний час, хв;

$$T_d = T_y + T_{уп} + T_{вим} , \quad (2.14)$$

де T_y – час на установку і зняття деталі;

$T_{уп}$ – час на прийом управління верстатом, хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання, хв.

Операційний час

$$T_{оп} = T_o + T_d , \quad (2.21)$$

де $T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{від}$ – час на відпочинок та природні потреби, хв.» [9].

Операція 005 Вертикально-фрезерна.

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_M} \cdot i = \frac{189}{500} \cdot 1 = 0,38 \text{ хв.}$$

$$L_{p.x.} = l_p + l_{вр} + l_n = 156 + 30 + 3 = 189 \text{ мм;}$$

$$l_p = 156 \text{ мм;}$$

$$l_{\text{вп}} = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 100 = 30 \text{ мм}$$

$$l_n = 1 \div 5 \text{ мм, приймаємо } l_n = 3 \text{ мм}$$

$$T_d = T_y + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} = 0,09 + 0,05 + 0,18 = 0,32 \text{ хв.}$$

$$\text{де } T_y = 0,09 \text{ хв. [9].}$$

$$T_{\text{уп}} = 0,05 \text{ хв. [9].}$$

$$T_{\text{вим}} = 0,18 \text{ хв. [9].}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,38 + 0,32 = 0,7.$$

$$T_{\text{оп.від}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot \eta}{100} = \frac{0,7 \cdot 8}{100} = 0,06 \text{ хв.}$$

$n = 8\%$ - процент часу на обслуговування робочого місця і відпочинок [9],

$$T_{\text{п.з.}} = 12 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ш.к.}} = 0,38 + 0,32 + 0,06 + \frac{12}{600} = 0,82 \text{ хв.}$$

$n = 600$ – величина партії деталей. На інші операції норми часу вибираємо по нормативах [9].

Таблиця 2.8 – Розрахунок штучного часу по операціях

№ операції	Назва операції перехід, позиція	T_o	T_d			$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{обс.від}}$	$T_{\text{ш}}$	$T_{\text{пз}}$	$T_{\text{шк}}$
			T_y	$T_{\text{уп}}$	$T_{\text{вим}}$					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
005	Вертикально-фрезерна	0,38	0,09	0,05	0,18	0,7	0,06	0,76	12	0,82
010	Вертикально-фрезерна	0,38	0,09	0,05	0,18	0,7	0,06	0,76	12	0,82

Закінчення табл 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
015	Радіально-свердлильна									
	1 перехід	0,45	0,17	0,04						
	2 перехід	0,14		0,04						
	3 перехід	0,23		0,04	0,16					
		0,82	0,17	0,12	0,16	1,27	0,1	1,37	9	1,41
020	Комплексна з ЧПК	2,3	0,21	0,22	0,21	2,94	0,14	3,18	16	3,38
025	Токарно-револьверна									
	1 перехід	0,25	0,06	0,06	0,15					
	2 перехід	1,55		0,06	0,14					
	3 перехід	0,03		0,06						
		1,83	0,06	0,18	0,29	2,11	0,19	2,30	19	2,33
030	Токарно-револьверна									
	1 перехід	0,25	0,06	0,06	0,15					
	2 перехід	1,55		0,06	0,14					
	3 перехід	0,03		0,06						
		1,83	0,06	0,18	0,29	2,11	0,19	2,30	19	2,33
035	Токарно-револьверна	2,14	0,06	0,06	0,11	2,37	0,12	2,0	19	2,53
040	Свердлувально-різбонарізна	1,42	0,06	0,06	0,23	1,77	0,06	1,83	24	1,87
045	Радіально-свердлильна									
	1 перехід	1,0	0,14	0,04						
	2 перехід	0,12		0,04	0,14					
	3 перехід	0,42		0,04	0,24					
		1,54	0,14	0,12	0,38	2,1	0,13	2,31	9	2,36

2.7 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі «Корпус» в якому проведено скорочення технологічних операцій за рахунок введення верстатів з ЧПК.

2. Проведено розрахунки по вибору заготовки, розраховано аналітично припуски, режими різання та проведено нормування технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1. Проектування верстатного пристрою для фрезерування

Пристрій призначено для оброблення заготовки на вертикально-фрезерному верстаті 6Р12 де ведеться обробка торців під отвори паралельних до основи.

3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів

В пристрої базовими елементами слугують конічні центра та палець встановлений на корпусі пристрою.

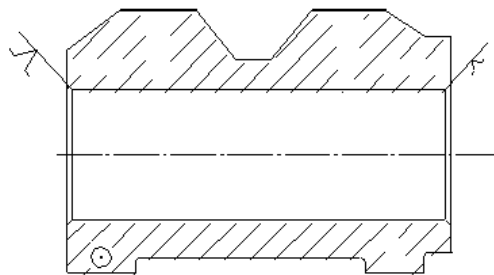


Рисунок 3.1 – Схема базування при фрезеруванні

3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

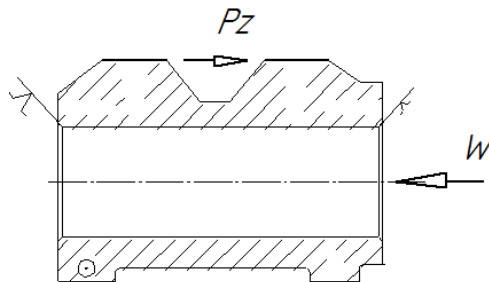


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення при фрезеруванні

Визначення необхідної сили затиску. Необхідну силу затиску визначаємо за формулою [12]:

$$P_{\text{зат}} = KM_{\text{різ}} \frac{\sin\alpha}{(f \cdot d)}, \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт запасу;

$M_{\text{різ}}$ – момент різання;

$\alpha = \frac{1}{2}$ – кут конуса (графічна частина); $\alpha = 30^\circ$;

$d = 45$ мм – внутрішній діаметр заготовки;

$f = 0,5$ – коефіцієнт тертя для поверхонь з канавками.

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot R, \quad (3.2)$$

де P_z сила різання; $P_z = 3120$ Н;

$R = 40$ мм – відстань від осі деталі до точки прикладання сили різання;

$$M_{\text{різ}} = 312 \cdot 40 = 12480 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.3)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 3,7$$

$$P_{\text{зат}} = 3,7 \cdot 12480 \frac{\sin 30^\circ}{0,5 \cdot 45} = 1067 \text{ Н}.$$

Вибір типу затискного пристрою та визначення його конструктивних параметрів і розмірів силових приладів.

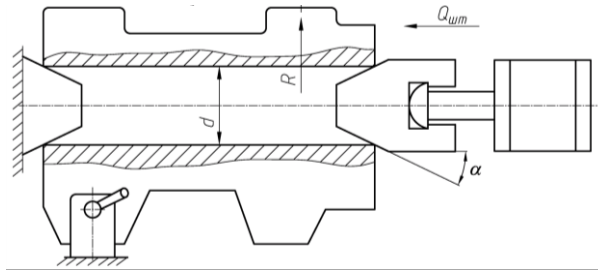


Рисунок 3.3 – Принципова схема привода пристрою фрезерування

Для проектуючого пристрою пропоную пневматичний поршневий привід односторонньої дії.

Пневматичні приводи мають великі переваги відносно ручних механічних затискуючих пристроїв:

- значне скорочення часу на затиск деталі;
- постійність сили затиску;
- можливість регулювання сили затиску;
- простота в управлінні, і ін.

Щоб визначити діаметр циліндра необхідно знати силу на штоці циліндра.

$$Q_{шт} = \frac{P_{зам}}{\eta} = \frac{1067}{0,9} = 1186H, \quad (3.4)$$

де $\eta = 0,9 \div 0,95$ ККД пінолі, в якій рухається конус.

Маючи силу на штоці пневмоциліндра за формулою 3.5, ми визначаємо діаметр пневмоциліндра.

$$Q_{шт} = \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta, \quad (3.5)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, см;

$P = 0,4$ МПа, розрахунковий тиск повітря в пневмосистемі.

$\eta = 0,85 \div 0,9$ – ККД пневмоциліндра.

Звідки,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{шт}}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1186}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 66 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 80$ мм, як найближчий із стандартного ряду: 80; 100; 125; 160; 200.

Конструктивно визначивши необхідний хід, приймаємо пневмоциліндр 1021-80x0063 - УХЛ4.

Фактичне зісилля на штокові пневмоциліндра розрахуємо за формулою:

$$Q_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} 0,63 = 3166 \text{ Н.}$$

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

«З аналізу конструкції пристрою визначено найбільш навантажену ланку - різьбове з'єднання штока та штовхача. Проведемо розрахунок за напруженнями на зріз.

Розрахунок різьби на зріз ведемо за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{F_{зр}} \leq [\tau]_{зр},$$

де $F_{зр}$ – площа зрізу.

$$F_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,2^2}{4} = 3,8 \text{ см}^2$$

$D = 22$ мм – внутрішній діаметр різьби тоді:

$$\tau_{зр} = \frac{3166}{3,8} = 833 \text{ Н/см}^2 < [\tau]_{зр}$$

$[\tau]_{зр} = 4500 \text{ Н/см}^2$, що є допустимою умовою» [17].

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної деталі при конструюванні пристрою необхідно вибрати таку схему, при якій буде підтримуватись умова:

$$E \leq E_{\text{доп}}, \quad (3.6)$$

де E – дійсне значення похибок базування заготовки в пристрої;

$E_{\text{доп}}$ – допустиме значення похибок базування заготовки в пристрої, яке орієнтовно розраховується за формулою $E_{\text{доп}} = T - \omega$;

де $\delta = 0,8$ – допуск на виконувани операції;

$\omega = 0,17$ – точність обробки, яка отримується при виконанні даної операції.

$$E_{\text{доп}} = 0,8 - 0,17 = 0,63 \text{ мм.}$$

Розрахункова сумарна похибка пристрою $\Delta_{\text{пр}}$ визначається за формулою [10]:

$$\Delta_{\text{пр}} = T - (K_1 \cdot E + \Delta_{\text{уст}} + K_2 \cdot \omega), \quad (3.7)$$

де K_1 – коефіцієнт рівний; $K_1 = 0,8 \div 0,85$

K_2 – коефіцієнт рівний $K_2 = 0,6 \div 1,0$

$\delta = 0,8$ – допуск на оброблювані поверхні деталі;

$\omega = 0,17$ – точність обробки на даній операції;

$\Delta_{\text{уст}} = 0$ – похибка встановлення;

$$E = \frac{\Delta d}{2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ – похибка базування;}$$

Тоді

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,8 - (0,8 \cdot 0,4 + 0 + 1 \cdot 0,17) = 0,31 \text{ мм}$$

1.3.5 Опис роботи пристрою для фрезерування

Пристрій призначений для закріплення деталі ПЕА 01.105 під час фрезерування площини під кріплення до рами навантажувача на верстаті 6Р12.

Деталь встановлюється на опорну пластину і губки лещат (рис. 3.4). За допомогою рухомого конуса і нерухомого деталь центрується і затискається по отвору $\varnothing 50H9$. Нижня частина деталі затискається в самоцентруючих лещатах, які запобігають провертанню деталі відносно осі. Конус приводиться в рух за допомогою пневмоциліндра, а лещата механічно.

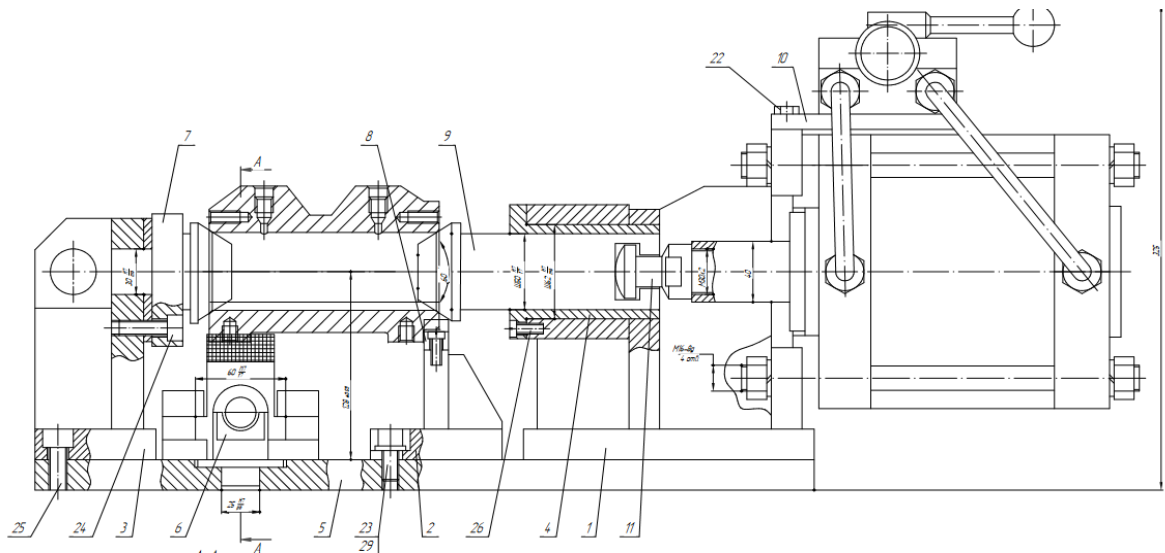


Рисунок 3.4 – Принципова схема пристрою фрезерування

3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування

На операції свердлувальній виконується свердлування на вертикально-свердлувальному верстаті 2Н55 двох отворів, які потім будуть слугувати базовими поверхнями (рис. 3.5).

3.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів

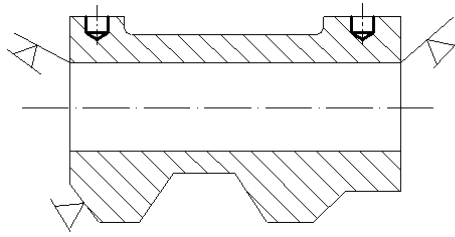


Рисунок 3.5 – Схема базування заготовки

В пристрої базовими елементами слугують конічні центра та упор встановлений на корпусі пристрою.

3.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

На заготовку діють сили різання при свердлування P_0 та сила P_z на кромці свердла. Рівновага заготовки описується рівнянням:

$$W = P_{\text{прив}} \cdot \cos 45^{\circ}.$$

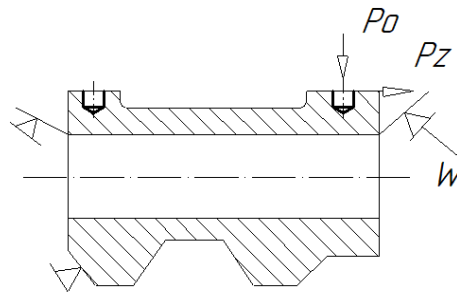


Рисунок 3.6 – Схема базування та закріплення заготовки

Осьова сила визначається за формулою:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^{Y_p} \cdot K_p, \quad (3.8)$$

де $C_p = 68$; $q_p = 1,0$; $Y_p = 0,7$, [9].

Тоді

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 9,8^{1,0} \cdot 0,28^{0,7} \cdot 0,95 = 1808 \text{ Н}.$$

Знайдемо силу різання з відомої потужності (див. табл. реж. різання)

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{1,8 \cdot 1020 \cdot 60}{13} = 8473 \text{ Н}$$

Знайдемо рівнодіючу цих двох сил

$$P_{\text{рівн}} = \sqrt{1808^2 + 8473^2} = 8663 \text{ Н}$$

Проведемо розрахунок параметрів пневмоприводу за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{рівн}} \cdot \cos 45^\circ}{\pi \cdot p \cdot 0,98}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8663 \cdot 0,7109}{3,13 \cdot 0,4 \cdot 0,98}} = 141 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 160$ мм шток 40 мм.

Фактичне зусилля на штоці:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} 0,63 \cdot 0,98 = 1258 \text{ Н.}$$

3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

«Перевіримо на зрізання різьбу на штовхачі при зворотньому ході штока.

Розрахунок різьби на зріз ведемо за формулою:

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{Q}{F_{\text{зр}}} \leq [\tau]_{\text{зр}}, \quad (3.9)$$

де $F_{\text{зр}}$ – площа зрізу; $Q = 200$ Н – зусилля зворотного ходу штока.

$$F_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = 3,14 \text{ см}^2$$

$D = 20$ мм – внутрішній діаметр різьби тоді:

$$\tau_{зр} = \frac{200}{3,14} = 64 \text{ Н / см}^2 < [\tau]_{зр}$$

$[\tau]_{зр} = 4500 \text{ Р / см}^2$, що є допустимою умовою» [17] .

3.2.4 Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної деталі при конструюванні пристрою необхідно вибрати таку схему, при якій буде підтримуватись умова:

$$E \leq E_{\text{доп}}, \quad (3.10)$$

де E – дійсне значення похибок базування заготовки в пристрої;

$E_{\text{доп}}$ – допустиме значення похибок базування заготовки в пристрої, яке орієнтовно розраховується за формулою $E_{\text{доп}} = T - \omega$;

де $\delta = 0,4$ – допуск на виконуваний операції;

$\omega = 0,1$ – точність обробки, яка отримується при виконанні даної операції.

$$E_{\text{доп}} = 0,4 - 0,1 = 0,3 \text{ мм.}$$

Розрахункова сумарна похибка пристрою $\Delta_{\text{пр}}$ визначається за формулою [10]:

$$\Delta_{\text{пр}} = T - (K_1 \cdot E + \Delta_{\text{уст}} + K_2 \cdot \omega), \quad (3.11)$$

де K_1 – коефіцієнт рівний; $K_1 = 0,8 \div 0,85$

K_2 – коефіцієнт рівний $K_2 = 0,6 \div 1,0$

$\delta = 0,4$ – допуск на оброблювані поверхні деталі;

$\omega = 0,1$ – точність обробки на даній операції;

$\Delta_{уст} = 0$ – похибка встановлення;

$$E = \frac{\Delta d}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ – похибка базування;}$$

Тоді

$$\Delta_{пр} = 0,4 - (0,8 \cdot 0,2 + 0 + 1 \cdot 0,1) = 0,26 \text{ мм.}$$

Точність оброблення на даному пристрої забезпечена.

3.2.5 Опис роботи пристрою для свердлування

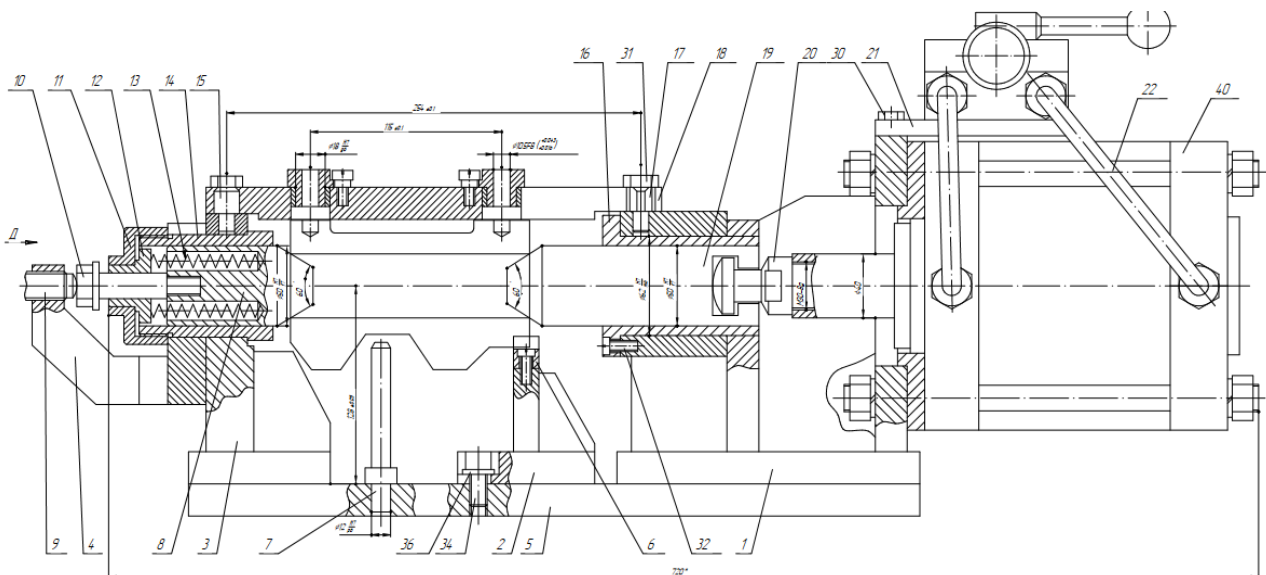


Рисунок 3.7 – Принципова схема пристрою свердлування

Верстатний пристрій для свердлування складеться з корпусу 5 на якому встановлено корпус з центрами 1 та 3, упор 7 та 2. На корпусі 3 встановлена відідна кондукторна плита. Правий корпус 1 з конусом з'єднано зі штоком пневмоциліндра 40 та на фланці 21 встановлено кран керування пвмоциліндром. Працює пристрій наступним чином. При відкритій кондукторній плиті встановлюється заготовка до упора 7. Лита закривається та фіксується замком 31. Включається пневмопривод, який штовхає рухомий центр уліво та затискається заготовка. Провидиться оброблення.

3.3 Проектування пристрою для контролю перпендикулярності торців

3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для даної деталі, контролю підлягає неперпендикулярність отвору до площини торця. Цей параметр можна перевірити за допомогою запроєктованого контрольно-вимірювального пристрою, який містить оправку, що встановлюється в отвір і перевіряється ніжкою індикатора годинникового типу неперпендикулярність до оправки з однієї та другої сторони.

3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметра

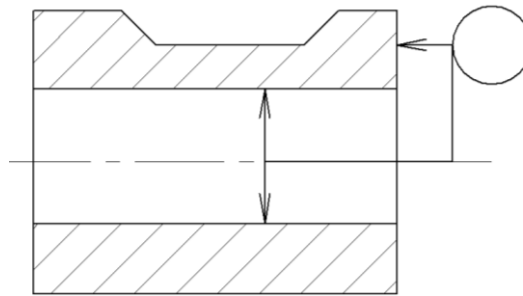


Рисунок 3.8 – Схема вимірювання параметру не перпендикулярності торця до осі деталі

3.3.3 Розрахунок пристрою на точність

«Допустима похибка вимірювання пристрою визначається за формулою [12]:

$$\xi_{\text{д.вим.}} = 0,3T, \quad (3.12)$$

де T -допуск вимірювання, $T = 0.05$ мм.

Похибка пристрою,

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_b^2} \quad (3.13)$$

де ε_y – похибка виготовлення установочних елементів пристрою,

$$\varepsilon_y = 0 \text{ мм}$$

ε_{zn} – похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{zn} = 0,01$ мм [12];

ε_b – похибка вимірювального пристрою, мкм;

Вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ з ціною поділки 0.01 мм. та похибкою вимірювання 0,008 мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,008^2} = 0,013 \text{ мм}$$

$$\xi_{д.вим.} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм.}$$

Таким чином фактична похибка контрольно-вимірювального пристрою $\varepsilon_{np} = 0,013$ мм менше ніж допустима похибка $\varepsilon_{доп} = 0,015$ мм., тобто пристрій придатний для контролю» [12].

3.3.4 Принцип роботи пристрою для контролю перпендикулярності торців

Для перевірки перпендикулярності торців розміру 150 мм відносно отвору $\varnothing 50H9$ передбачено конструювання і розрахунок контрольного пристрою.

Принцип дії даного пристрою (рис. 3.9)

Оправка поз. 9 встановлюється в корпус гідропідсилювача так, щоб тарілчаті пружини поз. 7 були розміщені на поверхні $\varnothing 50H9$ і виступ на оправці

Фрези – найбільш поширений вид різального інструменту. По способу кріплення в кожній групі виділяють фрези кінцеві, що кріпляться за допомогою хвостовиків (їх діаметр не перевищує 80 мм) і фрези насадні, які закріплюються на оправках чи посадочних кінцях шпиндельних верстатів (діаметр фрези від 40 мм і більше).

Матеріал робочої (ріжучої) частини фрези:

- суцільні – швидкоріжучі сталі, тверді сплави;
- насадні - швидкоріжучі сталі, тверді сплави, мінералокераміка, надтверді синтетичні матеріали.

Фрези насадні оснащуються ножами цільними із швидкоріжучої сталі чи накатними з твердосплавними пластинами чи накатними з ріжучими елементами із надтвердих матеріалів.

Для виконання вертикально-фрезерних операцій 005 і 010 (фрезерування поверхонь А і Е) використовується фреза торцева насадна з механічними кріпленнями чотирьохгранних пластин $\varnothing 110$ мм. Вона складається з корпусу 1, в якому через вставки 3 за допомогою шайб 8 кріпляться сухарі 2. На сухарях закріплені штифти 5Г х 16, на яких розташовані пластини 2004-0051-ВК6.

3.3 Висновки до розділу 3

У конструкторському розділі розроблено та розраховано верстатні пристрої для фрезерування поверхонь та для свердлування отворів і контрольний пристрій для визначення непаралельності осі отвору до основи.

Наведено опис конструкції та принцип дії торцевої фрези.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Аналіз конструкції деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 у середовищі SolidWorks

«На сьогоднішній день тривимірні моделі механізмів і машин використовуються не тільки для отримання конструкторської і технологічної документації, але й для проведення інженерного аналізу за допомогою спеціалізованих програмних продуктів. Від якості геометричних моделей залежить можливість і точність результатів такого аналізу. Таким чином, отримання простих, не переобтяжених зайвими елементами геометричних моделей технічних об'єктів, є актуальним завданням проектування.

SolidWorks – розробка SolidWorks Corp. (США), є потужним засобом проектування, яке повністю вирішує проблеми щоденної практичної роботи інженера-проектувальника. SolidWorks служить основою для побудови інтегрованого комплексу автоматизації підприємства і дозволяє здійснити наскрізний процес проектування, інженерного аналізу та підготовки виробництва виробів будь-якої складності та призначення. Ця система не має обмежень по кількості компонентів складних збірок, надає великі можливості для оформлення конструкторської документації, роботи з листовим металом, створення фотореалістичних зображень. SolidWorks повністю підтримує стандарти ЄСКД в частині оформлення конструкторської документації.

Програма SolidWorks – це система автоматизованого проектування механічних вузлів на основі окремих елементів.

Вона є інструментом об'ємного параметричного моделювання, в якій застосовується зручний графічний інтерфейс користувача системи Windows.

Точно так само як конкретний механічний вузол складається із окремих деталей, модель SolidWorks створюється із окремих складових елементів.

Програма SolidWorks у графічному режимі відображає структуру створюваної моделі на основі елементів у спеціальному вікні, яке називається

Деревом конструювання (Feature Manager). В Дереві конструювання відображається не тільки послідовність створення окремих елементів моделі, але й воно надає зручний доступ до всіх відомостей процесу моделювання.

Об'ємна (або твердотільна модель) – найбільш завершений тип геометричної моделі, який використовується у системах автоматизованого проектування. Вона включає всю геометрію каркаса і поверхонь, необхідну для повного опису кромки і граней моделі. Окрім геометричних відомостей, вона також містить інформацію, яка називається топологією моделі і відноситься до геометрії. Прикладом топології може служити те, які грані (поверхні) утворюють кромку (криву) і що вона собою являє. Відповідно до цієї логіки, такі операції, як округлення, виконуються так само просто, як вибір кромки або задання розміру радіусу. Модель у SolidWorks повністю пов'язана із кресленнями деталей і складальними кресленнями, які на неї посилаються. Зміни, виконані в моделі, автоматично відбиваються у, пов'язаних із нею, кресленнях і збірках. Так само можна здійснювати зміни в кресленнях або збірках, знаючи при цьому, що зміни відповідно будуть відображені у самій моделі. Геометричні взаємозв'язки, такі як паралельність, перпендикулярність, горизонтальність, вертикальність, концентричність, є лише частина обмежень, що підтримуються системою SolidWorks» [19].

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 на міцність та можливих переміщень елементів деталі при впливі робочих навантажень.

Для виконання аналізу конструкції деталі використовується програмне середовище SolidWorks.

«У середовищі SolidWorks та модулі Simulation, користувач може проводити інженерні розрахунки і моделювати методом аналізу кінцевих елементів різні впливи робочих навантажень на виріб» [19].

«Основними особливостями модуля Simulation є:

- лінійний аналіз;
- втомний аналіз металу;

- нелінійний аналіз;
- теплової аналіз;
- частотний аналіз;
- аналіз виробів з пластмаси і гуми;
- динамічний аналіз і ін.

Моделювання методом аналізу кінцевих елементів (FEA) – це дискретизація проєктованих компонентів в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, що використовує лінійний аналіз напружень для визначення реакції деталей і вузлів під впливом: - сили; - тиску; - прискорення; - температури. - контакт між компонентами.

Будь-який вид аналізу здійснюється у декілька етапів. Перелічимо необхідні для виконання аналізу кроки. Для здійснення розрахунків необхідно:

- 1) побудувати тривимірну модель виробу;
- 2) згенерувати кінцево-елементну сітку;
- 3) визначити матеріал моделі;
- 4) накласти граничні умови, що визначають суть фізичного явища, що підлягає аналізу;
- 5) виконати розрахунок;
- 6) проаналізувати результати» [19].

«Також можна врахувати напруження, що виникають внаслідок температурного розширення чи стиснення матеріалу або деформації конструкції на величину відомих переміщень. За допомогою програмного продукту SolidWorks користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за напруженнями, що допускаються, визначити найменш надійні місця конструкції і внести необхідні зміни, конструктивно оптимізувати виріб» [19].

Тривимірну модель створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

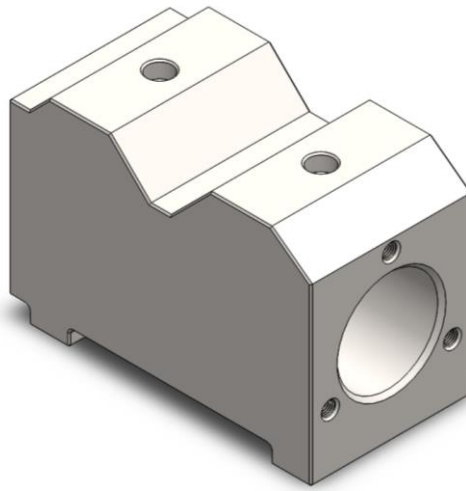


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105

4.1.1. Розбиття моделі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 на скінчені елементи

«Одним із ключових етапів дослідження є побудова скінченно-елементної сітки. Її якість визначає ступінь відповідності чисельного рішення реальному напружено-деформованому стану. SolidWorks Simulation пропонує декілька рівнів дискретизації, що дозволяє науковцеві балансувати між точністю розрахунку та швидкістю обчислень. Теоретично точність розрахунку зростає зі зменшенням розміру елемента, однак надмірне згущення може створити значне обчислювальне навантаження без суттєвого поліпшення результатів. Саме тому методика передбачає адаптивне згущення сітки в зонах різкої зміни геометрії, отворах, переходах та місцях можливих концентрацій напружень. Це рішення ґрунтується на теоретичному положенні про те, що локальні особливості форми призводять до швидких змін градієнтів напружень, які потребують більш детального відтворення скінченно-елементною моделлю» [19].

У нашому випадку концентратором зусиль у корпусі будуть місця закріплення його болтами та місце центрального отвору.

Схему сітки розбиття пластини на скінченні елементи зображено на рис. 4.2.

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

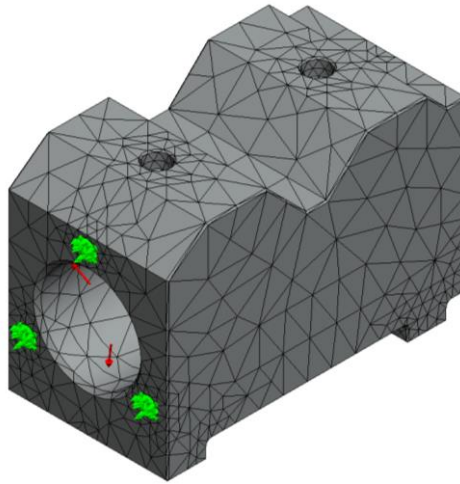


Рисунок 4.2 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

«У SolidWorks аналізі є дві можливості завдання матеріалу деталі для виконання аналізу. За умовчанням, в розрахунку використовуються характеристики матеріалу «з операції». Призначення матеріалу для тривимірної моделі здійснюється у вікні властивостей операції, або з бази даних матеріалів. Доступ до бази матеріалів Аналізу для поточної задачі здійснюється по команді «Анализ-Материал» або з контекстного меню дерева задач, що відображається у вікні задач. Призначимо для нашої моделі матеріал виготовлення деталі СЧ20 з бази матеріалів SolidWorks» [19].

Вкажемо нерухому грань моделі - в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – кріпильні отвори (рис. 4.3).

4.1.2 Визначення переміщень окремих поверхонь Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105

Навантаження виникає в процесі подачі стисненого мастила та

прикладатиметься до внутрішньої поверхні деталі під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.3) та створюють перміщення елементів деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105. При значних зміщеннях можливе заклинювання рухомих вузлів.

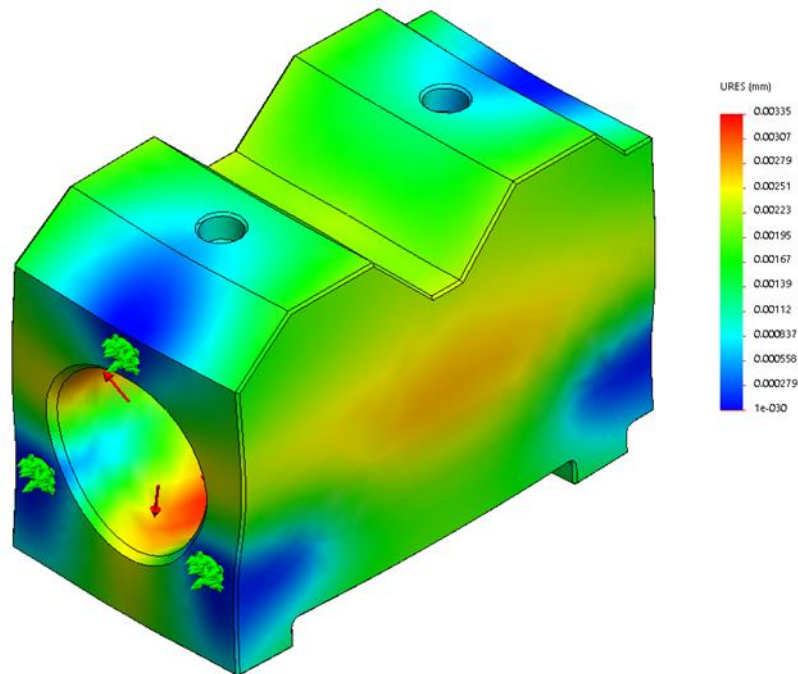


Рисунок 4.3 – Переміщення елементів деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 під дією робочих навантажень

Встановлено, що під дією робочих навантажень максимальні переміщення основних поверхонь складають – 0,00335 мм

4.1.3. Методика розрахунків на міцність елементів деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105

«Розрізняють наступні навантажені стани:

а) лінійний (з однією віссю) – коли з трьох головних напружень тільки одне не дорівнює нулю. У цьому напруженому стані знаходяться деталі при розтягу, стисканні, чистому згині;

б) плоский (із двома осями) – коли із трьох головних напружень два не дорівнюють нулю. Практично у двохосьовому напруженому стані знаходяться

диски, що обертаються, тонкостінні посудини під внутрішнім тиском, стрижні при чистому крученні та при поперечному згині. Вільні від навантажень ділянки поверхонь деталей будь – якої конфігурації завжди знаходяться у двохосьовому напруженому стані;

в) об'ємний (трьохосьовий) – коли всі три головні напруження не дорівнюють нулю (товстостінні труби під внутрішнім тиском, ділянки контакту різних тіл, внутрішні зони масивних деталей)» [19].

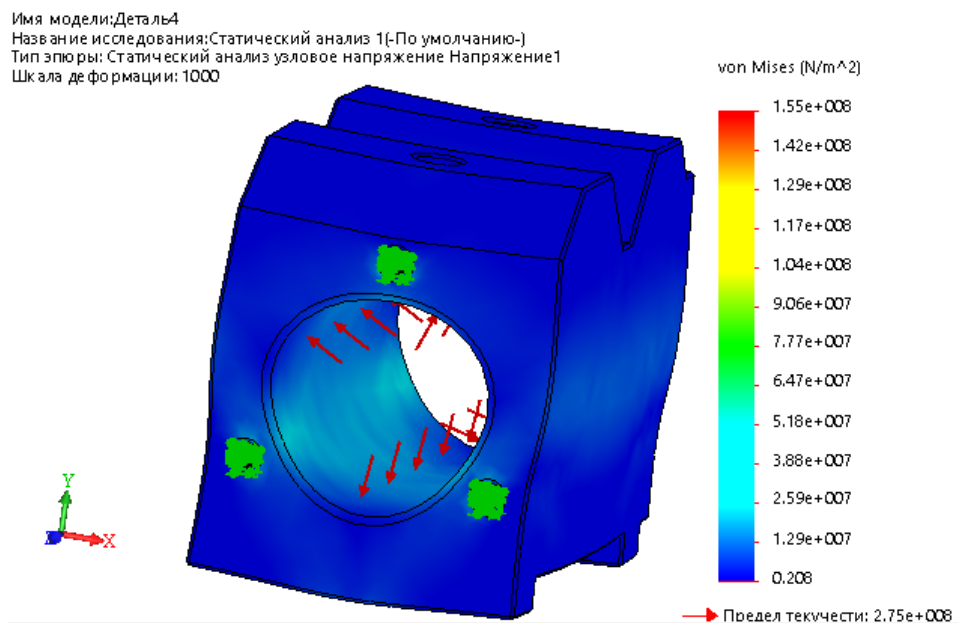


Рисунок 4.4 – Напруження в елементах деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА
01.105

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис.4.4 та деформацій поверхонь рис.4.5.

Результати розрахунку відображаються в дереві задач.

Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі по команді «Відкрити» або «Відкрити в новому вікні».

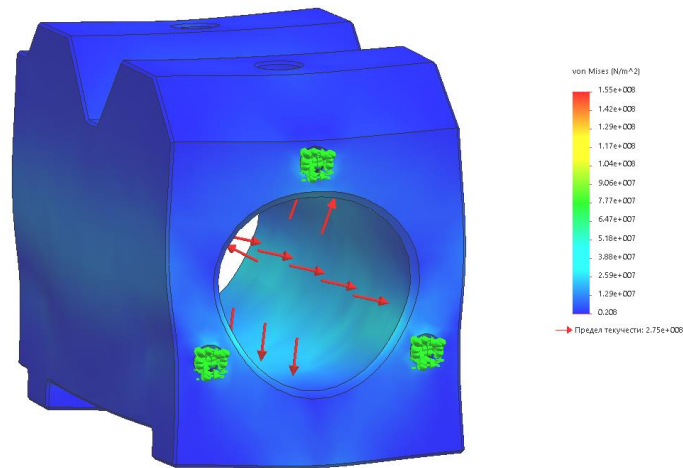


Рисунок 4.5 – Результати аналізу (деформація) деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105

4.2. Висновки до розділу 4

Провівши аналіз конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні виявлено в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу $0,0155$ МПа, та максимальні переміщення $0,00335$ мм мм, що є в межах допустимої норми.

Отже деталь Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів її окремих параметрів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпеки та шкідливостей розробленого технологічного процесу обробки деталі Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105

На ділянці яка проектується передбачається виготовлення вісі, матеріал якої – чавун СЧ20. В процесі обробки будуть використовуватись токарні, свердлувальні, фрезерні верстати. При роботі верстатів буде використовуватись змащувально – охолоджуюча рідина (ЗОР).

«Небезпечну зону при роботі обладнання будуть складати відкриті деталі верстатів, які переміщуються чи обертаються, а також заготовка яка буде обертатися. Небезпека може бути і на відстані від верстата, це стружка, яка відлітає, частинки абразиву та інше. Відстань вражаючої дії стружки залежить від характеру обробки, режиму різання і фізико – механічних властивостей матеріалу який оброблюється.

При обробці металу утворюється крихка стружка, а при фрезеруванні може утворюватись стружка сколювання. Стружка сколювання може відлітати від місця різання на велику відстань, інколи у вигляді факела, і являє собою небезпеку, так як може поранити чи засмітити очі, викликати опіки обличчя і рук.

Змащувально-охолоджуючи рідини при механічній обробці використовуються в великій кількості і досить різноманітні за складом. В результаті механічного розбризкування і випаровування ЗОР, так як температура різального інструменту, яку орошає ЗОР, може сягати декількох сот градусів, її компоненти надходять в повітря у вигляді масляних та інших аерозолів, а також складних парогазових сумішей. Вдихання їх може бути причиною подразнюючого впливу на органи дихання, легеневу тканину, а також неблагодійного впливу на інші системи організму.

Під час роботи технологічного обладнання виникають такі шкідливості, як шум і вібрація» [19].

«За характером дії на організм людини вібрація поділяється на загальну та місцеву. Загальна вібрація діє на все тіло людини, а місцева – на руки працюючого. Можлива комбінована дія загальної та місцевої вібрації. Дія загальної вібрації, яка викликається роботою технологічного обладнання, внаслідок трясіння підлоги, площі, сидіння, на якому знаходиться робочий, розповсюджується на весь організм. Небезпека дії загальної вібрації пояснюється наступним. Внутрішні органи та окремі частини тіла людини (серце, шлунок, голова та ін.) можна розглядати як коливальні системи, які мають різні зосереджені маси і з'єднані між собою гнучкими елементами. Більшість внутрішніх органів мають власну частоту коливань в діапазоні 6 – 9 Гц. Вплив на організм людини зовнішніх коливань з тою самою частотою може викликати резонансні коливання внутрішніх органів, що являє небезпеку їх зміщення і механічних пошкоджень. Особливо організм людини чутливий до вертикального трясіння, коли людина знаходиться (стоїть) на віброуючій поверхні і трясіння розповсюджується від ніг до голови.

Шум оказує шкідливий вплив на весь організм людини і в першу чергу на центральну нервову і серцево – судинну системи. Тривалий вплив інтенсивного шуму може привести до погіршення слуху, в окремих випадках – до глухоти. Шум на виробництві негативно впливає на працюючого: послаблює увагу, збільшує витрати енергії при однаковому фізичному навантаженні, гальмує швидкість психічних реакцій. В результаті знижується продуктивність і погіршується якість роботи. Шум утруднює своєчасну реакцію працюючого на попереджувальні сигнали, які подаються персоналом, який обслуговує внутріцеховий транспорт, що може стати причиною нещасного випадку.

Обладнання, яке буде використовуватись на ділянці, оснащено електродвигунами. З електроенергією зв'язані, в той чи інший мірі, всі працюючі. При невмілому поводженні чи недотриманні встановлених вимог, електричний струм являє собою велику небезпеку. Небезпека поразки електричним струмом специфічна, оскільки вона не може бути виявлена органами відчуття людини: зором, слухом, нюхом» [19].

«Дія електричного струму на організм людини своєрідна і носить різнобічний характер. Електричний струм, який проходить через тіло людини, оказує термічний, електролітичний та біологічний вплив на різні системи організму. При цьому можуть виникнути порушення діяльності життєво важливих органів людини: мозку, серця, легенею.

Всі види дії електричного струму на організм людини можна об'єднати в два основних: електричні травми і електричні удари.

Електричні травми – це місцеві пошкодження тіла: опіки, металізація шкіри, механічні пошкодження організму.

Електричний удар викликає збудження живих тканин організму проходячи через нього електричним струмом, які супроводжуються недовільними судомами м'язів, в тому числі м'язів серця і легенею. В підсумку можуть виникнути різні порушення життєдіяльності органів дихання та кровообігу.

На дільниці яка проектується буде широко використовуватись стисле повітря на металорізальних верстатах для затиску заготовок які оброблюються. Використання стислого повітря забезпечує можливість вдосконалення технології, механізації трудомістких виробничих процесів, автоматизації виробництва, покращенню санітарно – гігієнічних умов праці.

В той самий час апарати, які працюють під тиском, є джерелом підвищеної небезпеки для оточуючих. Велику небезпеку являє струмінь стислого повітря, який виривається з аварійно зруйнованого з'єднання деталей повітрямережі. Струмінь, який має велику швидкість, може нанести важкі пошкодження персоналу, який опиниться в цей час поблизу.

Для створення безпечних умов праці необхідно забезпечити вірне розміщення обладнання в приміщенні, оснащення дільниці відповідними транспортними засобами і підйомними механізмами, використання колективних та індивідуальних засобів захисту, раціональне обладнання робочих місць» [19].

Проведення робіт у вказаних напрямках необхідно для усунення виробничої небезпеки, під якою розуміють можливість впливу на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

5.2 Заходи по зменшенню небезпеки та шкідливостей в розробленому технологічному процесі

«Санітарними нормами передбачені технологічні процеси і виробниче обладнання використовувати такими, щоб були відсутні чи мінімально виділялися в повітря приміщень, в атмосферу і в стічні води шкідливі і неприємно пахнучі речовини, тепло і волога, а також пил.

Здійснення необхідних заходів належить проводити, замінюючи шкідливі речовини в виробництві нешкідливими чи менш шкідливими; сухі способи переробки пиловиділяючих матеріалів – вологими; полум'яневий нагрів – електричними; тверде і рідке паливо – газоподібним, а також використовуючи герметизацію і максимальне ущільнення стиків і з'єднань в технологічному обладнанні і трубопроводах – для запобігання виділення шкідливостей в процесі виробництва; теплову ізоляцію нагрітих поверхонь обладнання, повітрямереж і трубомереж; укривання завантажувальних ємностей механічного транспорту; використовуючи гідро пневмотранспорт при транспортуванні пилоутворюючих матеріалів.

Зниження концентрації пилу до допустимих величин можна проводити різними способами. Боротьбі з пилом слід приділяти увагу вже на стадії проектування виробничих приміщень, конструювання технологічного обладнання, верстатів і інструменту, з тим щоб вони забезпечували безпильність технологічних процесів.

На ділянці яка проектується рекомендується стіни фарбувати масляною фарбою, а підлоги робити гладкими, які не всмоктують пил. Зменшенню пилоутворення сприяє зволоженню повітря» [19].

«Автоматизація технологічних процесів, дозволяє робочому керувати процесом з пульта, розташованому по - за зоною обробки. Одним з основних міроприємств з оптимізації параметрів мікроклімату і складу повітря в виробничих приміщеннях є забезпечення необхідного повітрообміну.

Загальнообмінна вентиляція повинна влаштовуватись таким чином, щоб виключити можливість надходження повітря з приміщень з великим пилоутворенням до приміщень з меншим виділенням пилу.

Санітарними нормами встановлено, що об'єм виробничих приміщень на одного працюючого повинен складати не менше 15 м^3 , а площа приміщень – не менше $4,5 \text{ м}^2$. В виробничих приміщеннях з об'ємом до 20 м^3 на одного працюючого при відсутності забруднення повітря виробничими шкідливостями вентиляція повинна забезпечувати подачу зовнішнього повітря в кількості не менше 30 м^3 за годину на кожного працюючого, а в приміщенні з об'ємом 20 м^3 на одного працюючого – не менше 20 м^3 за годину. В приміщеннях з об'ємом більше 40 м^3 на одного працюючого при наявності вікон і ліхтарів допускається періодичність відкривання створів вікон і ліхтарів для природної вентиляції. У всіх вказаних випадках при цьому повинні бути забезпечені норми по температурі і вологості повітря в виробничих приміщеннях.

Вентиляція повинна забезпечувати умови, які відповідають вимогам технологічного процесу, зберіганню обладнання і будівельних конструкцій будівель» [19].

На дільниці яка проектується передбачається втяжна вентиляція постійної дії.

При обробці заготовки використовуються металообробні верстати, такі як шліфувальні, свердлувальні верстати з ЧПК, та вертикально - фрезерні верстати.

«Захисні пристрої, які огорожують зону обробки, повинні захищати працюючого від відлітаючої стружки і змащувально – охолоджуючої рідини. Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні,

налагоджуванні, а при відкриванні – не забруднювати підлогу змащувально – охолоджуючою рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Верстати обладнують автоматичним блокуванням, який не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може привести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів керування верстатів, верстатних приладів і пристосувань, не повинні мати гострих кінцівок і задирок, які можуть травмувати робітника.

Органи керування верстатами повинні бути розташовані на висоті не нижче 500 мм і не вище 1700 мм від рівня підлоги.

Зусилля на рукоятках і важелях органів керування не повинно перевищувати 40 Н, а для фрикційних муфт головного приводу на початку і кінці переміщення – 80 Н.

На верстатах, які використовуються для обробки заданої деталі, час зупинки шпинделя не повинен перевищувати 5 с.

На верстатах для встановлення заготовок масою більше 8 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу.

Захисні вікна (екрани) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в декілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Вироби які оброблюються в процесі обробки встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах і інших пристосуваннях, які повинні бути надійно закріплені на столах, плитах та шпинделях верстатів. Механізми кріплення патронів повинні забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструментів та заготовок» [19].

«Верстати при несправній системі електрообладнання можуть підлягати дії електричного струму, що дуже небезпечно для життя людини. Щоб попередити поразку електричним струмом кожен верстат та його привід заземлюють.

Крім того, всі струмоведучі частини верстатів та іншого обладнання закривають кожухами, на верстати встановлюють блокуючи пристрої, під ноги

робочому кладуть дерев'яну ізолюючу решітку. При ремонті використовують гумові рукавиці, килимки, інструмент з ізольованими ручками.

Участь робочих не електромеханічного фаху в ремонтно – налагоджувальних, випробувальних та інших роботах в електроприладах недопустимі» [19].

«Робочий – верстатник приступаючи до роботи, повинен переконатися в тому, що електрична частина верстата справна, безпечна в дії, огорожена, верстат надійно заземлений. При виявленні несправності, робочий зобов'язаний сповістити про це керівника робіт, викликати для ремонту фахівця служби електрогосподарства та приступити до роботи тільки після усунення несправностей. Встановлення огорожень на відкриті частини електроприводу, електророзподільників та інших електроприладів на верстаті, а також заміна перегорілих ламп загального користування та місцевого освітлення є обов'язками електротехнічного персоналу. Ці роботи забороняється виконувати робочим – верстатникам.

При роботі на верстатах робочий повинен дотримуватись правил техніки безпеки, так як на нього може діяти ряд шкідливих факторів. Небезпека при переміщенні робочих органів верстатів, обертання інструмента та заготовки є додатковим фактором безпеки. Все це при невірній експлуатації може привести до травм. На здоров'я робочого впливає шум, вібрація, пил, випари, які виділяє обладнання.

Таким чином, в робочій зоні на робочого діє ряд шкідливих факторів, що породжує ймовірність виникнення нещасних випадків та травм, тому на робочому місці використовуються різні захисні пристрої: екрани, окуляри, витяжки, вентиляція.

У відповідності з системою безпеки проводяться ряд різноманітних інструктажів. Загальне керівництво та організація на підприємстві техніки безпеки здійснюється головним інженером підприємства, а на дільниці – майстром» [19].

«Керівник на ділянці проводить слідує види інструктажів: первинний, повторний, неплановий та текучий.

Первинний інструктаж майстер проводить на робочому місці з кожним робочим індивідуально.

Повторний інструктаж проходять всі робочі не рідкіше чим через шість місяців.

Позаплановий інструктаж проводять при зміні правил охорони праці. Його проводять індивідуально чи з групою робочих.

Поточний інструктаж проводять з працівниками перед виконанням особливо небезпечних робіт на які оформлюється наряд – допуск.

В журналі з техніки безпеки проводиться запис, що підтверджує його проведення. Кожен верстатник повинен розписатися в журналі і суворо дотримуватись вимог з техніки безпеки. Крім того, кожне робоче місце забезпечується інструкцією з охорони праці та техніки безпеки для груп верстатів.

Забезпечення пожежної безпеки на ділянці покладається на майстра. Інструкція про заходи пожежної безпеки повинна висіти на видному місці. Кожний працюючий на ділянці зобов'язаний чітко знати і виконувати правила пожежної безпеки, не допускати дій які можуть привести до пожежі. Всі поступаючи на роботу проходять інструктаж з протипожежної безпеки» [19].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В дипломній роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК фірми HAAS (США). Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки литво в кокіль.

У конструкторському розділі розроблено та розраховано верстатні пристрої для фрезерування поверхонь та для свердлування отворів. Для виконання технічних вимог на деталь та забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано та розраховано контрольно-вимірювальний пристрій. Наведено опис конструкції та принцип дії торцевої фрези.

В дослідному розділі у програмному продукті SolidWorks проведено аналіз поведінки (переміщення та прогин) конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні. Виявлено в деяких конструктивних елементах максимальні напруження по Мізесу 0,419 МПа, та максимальні переміщення елементів конструкції деталі на 0,003468 мм, що є в межах допустимої норми.

В розділі охорони праці приведено аналіз небезпеки та шкідливостей розробленого технологічного процесу обробки деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105» та заходи по зменшенню безпеки та шкідливостей в розробленому технологічному процесі.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідропідсилювача ПЕА 01.105», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Шабайкович В. А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
4. Технологія машинобудування. [Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
5. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
6. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І. І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
7. Технологія машинобудівних підприємств: підручник [В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін.], за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
8. Залога В. О. О.О. Залога О. О., В.Д. Гончаров В. Д. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник.; за загальн. ред. В. О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
9. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
10. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.
11. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

12. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

13. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

14. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

15. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.

16. Железна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

17. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

18. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.

19. Пустюльга С. І., Самостян В. Р., Клак Ю. В. Інженерна графіка у SolidWorks. Навчальний посібник. Луцьк. 2018, 174 с.

20. Паспорт верстата 2P135Ф2 – 1.

ДОДАТКИ