

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн
СМ.004.310» 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

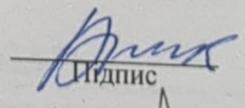
Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 23488

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-23-1

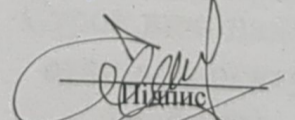
Шифр


Підпис

Олександр РИБАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

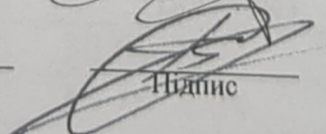
Керівник д.т.н., професор

Науковий ступінь, звання


Підпис

Анатолій ГОРДСЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

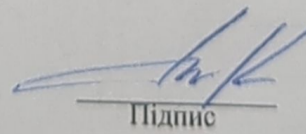

Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології
машинобудування

Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

19.12.24

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
2. Вересня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Рибаку О. С.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі
«Кронштейн СМ.004.310» 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 26 серпня 2024 р. № 60

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2024 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; Кресленик деталі – 1 лист А2; 2 Кресленик заготовки – 1 лист А2; 3. Графотехнологія деталі – 1 лист А1; 4. Карта налашки верстата з ЧПК – 1 лист А1; 5. Верстатні пристрої - 2 листі А1; 6. Контрольний пристрій – 1 лист; 7. Дослідницький лист – 1 лист А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2024	
Розділ II	15.10.2024	
Розділ III	30.10.2024	
Розділ IV	15.11.2024	
Розділ V	30.11.2024	

Студент Олександр РИБАК
Підпис Олександр РИБАК Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Рибак Олександр Сергійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Рибак О. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2023 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 16,67 %, задовільно 83,33 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 12,50 %, С 6,25 %, D 31,25 %, E 50,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Рибак О. С. виконав роботу своєчасно та завершив у необхідні терміни.

За період виконання роботи показав добрі механічні знання та вміння самостійно вирішувати поставлені задачі. В цілому робота заслуговує позитивної оцінки.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

добре

Керівник дипломного проекту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Гордєєв А.У.

" 12 " 12 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Рибак О. С. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

Андрій В. Пасиук
(підпис, ім'я, прізвище)

" 19 " 12 2024 р.

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Рибака О. С.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТм-23-1

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.

28.11.24

дата

Рибак

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Урок - т. пр. історії. Країни Європи СМ. 004. З/О. з 11711.
 Автор Григорук О.С.

Освітня програма Яришадна механіка
 Спеціальність: Технологія машинобудування

Науковий керівник: Гордєєв А.У.
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Дата

Завідувач кафедри [Підпис] Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми [Підпис] Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи [Підпис] Анатолій ГОРДЄЄВ
 Підпис Ім'я, прізвище

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу Рибака О. С. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної магістерської роботи Рибака О. С. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі Кронштейн.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі Кронштейн із застосуванням верстатів ЧПК. спроектовано свердлувальний верстатний пристрій, та 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 дослідному розділі проведено аналіз конструкції деталі Кронштейн СМ.004.310 у середовищі SolidWorks. Встановлено, що Кронштейн СМ.004.310 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по зміні та збільшенню розмірів її окремих параметрів.

У розділі охорони праці наведено аналіз технологічного процесу з точки зору безпеки праці.

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 Рибак О. С. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

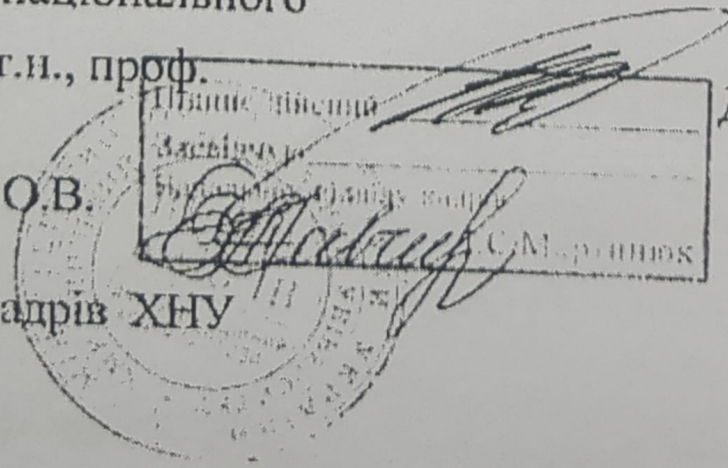
Хмельницького національного

університету д.т.н., проф.

Підпис Дихи О.В.

Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ



Диха О.В.

Анотація

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Автор: Рибак О. С., Керівник проекту: А. І. Гордєєв

Об'єм пояснювальної записки 72 стор. Графічна частина 8 листів А1.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Актуальність роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310».

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 «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310».

2. Розроблено нову конструкцію пристрою для фрезерування та пристрій для контролю непаралельності основних отворів.

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

Автор проекту:

Олександр РИБАК

2024 р.

/Підпис/

/Дата/

Abstract

"Improvement of the manufacturing process of the part "Bracket SM.004.310" using CNC machines"

Author: O. S. Rybak, Project Manager: A. I. Gordeev

The volume of the explanatory note is 72 pages. Graphic part of 8 A1 sheets.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

Relevance of the work. Improving the technological process of manufacturing the part "Bracket SM.004.310" using CNC machines is an urgent technological task.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the "Bracket SM.004.310" part.

The subject of the research is the technological process of manufacturing the "Bracket SM.004.310" part.

The object of research is determination of stresses in parts under working loads, elastic deformations, displacement of surfaces.

Research methods. Use of analytical research methods in SolidWorks.

Scientific novelty of the obtained results.

The technological process of manufacturing the "Bracket SM.004.310" part using CNC machines has been improved.

Practical significance

1. A new technology for the manufacture of the part "Bracket SM.004.310" was developed.
2. A new design of a milling device and a non-parallelism control device have been developed.

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

Author of the project:

Oleksandr RYBAK

2024

/Signature/

/Date/

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	72	
5	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.02.00.00	Кресленик заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.01.00.00	Кресленик деталі	1	
7	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.03.01.00.00 СК	Пристрій для зенкерування	1	
10	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.03.02.00.00 СК	Пристрій для свердлування	1	
13	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.01.01.00.00	Загальний лист	1	
14	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
15	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.03.03.00.00 СК	Контрольний пристрій	1	
16					
17					

					ДРМ. ПМ.ФІТА.24.00.00.ПЗ					
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив.	Рибак				Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів		
Перевірив	Гордєєв									
Н. Контр.	Бись					ХНУ-ПМТ_М-23-1				
Затвердив	Ткачук									

ЗМІСТ

	арк.
Зміст	6
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	11
1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	11
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	11
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	15
1.5. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Корпуса».....	20
1.6 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	20
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	22
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	22
2.2 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	22
2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення.....	26
2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі.....	30
2.5 Розрахунок режимів різання.....	35
2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції	38
2.7 Висновки до розділу 2.....	40
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	41
3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	41
3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	41
3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	41
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	43
3.1.4 Розрахунок пристрою на точність.....	44
3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування	45

3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору Ø5 мм	46
3.2.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої	46
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність	47
3.2.3 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи	48
3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для визначення паралельності осей отворі	49
3.3.1 Розробка схеми вимірювання	49
3.3.2 Розрахунок пристрою на точність	50
3.3.3 Принцип роботи пристрою	50
3.4 Висновки до розділу 3	51
РОЗДІЛ 4. НАУКОВИЙ	52
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ	72

ВСТУП

Якість продукції машинобудування є загальним показником науково-технічного прогресу та якості виробленої продукції. Питання якості машинобудівної продукції набувають 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 проблемі забезпечення якості машинобудівної продукції відіграє технологія машинобудування.

Технологія машинобудування – це галузь науки, що вивчає закономірності процесу виготовлення машин необхідної (заданої) якості у визначеній кількості та у визначений час, з мінімальними витратами живої та уречевленої праці, матеріальних та енергетичних ресурсів. У житті людини машини функціонують як засіб, за допомогою якого здійснюються технічні процеси для виробництва необхідних матеріальних або культурних благ. Тому будь-яка машина може бути використана для виконання певного технічного процесу, результатом якого є виробництво корисного продукту.

Людське суспільство завжди потребує нових видів продукції. Ці потреби можуть бути задоволені лише за допомогою нових технологічних процесів або нових машин. Для того, щоб задовольнити ці потреби, потрібні нові технологічні процеси або нові машини. Як наслідок, з'являється стимул до створення нових машин. Нові технології – це завжди нові технологічні процеси.

Однак, можливість реалізації залежить від рівня науково-технічного розвитку людського суспільства.

Машина корисна лише тоді, коли вона відповідної якості. При створенні машини людина ставить перед собою наступні два завдання:

- зробити машину хорошої якості і тим самим забезпечити економію праці.
- забезпечити економію праці при отриманні продуктів, вироблених машиною.

Ідеї для нових машин генеруються під час розробки технічного процесу виробництва продукту, в якому виникла потреба.

Потреба виникає під час розробки технологічного процесу виготовлення продукту, в якому виникла потреба.

Ця ідея є першим документом у проектуванні машини

Це перший документ в конструюванні машини. Розробляється технологічний процес для виготовлення спроектованої машини.

Для того, щоб виготовити спроектований верстат, розробляється технічний процес, на основі якого створюється виробничий процес,

Результатом є машина, яка необхідна для виконання технічного процесу виготовлення продукту.

Концепція нової машини виникає в процесі розробки технологічного процесу виробництва необхідного продукту.

Ця ідея виражається у вигляді формулювання службового призначення машини, яке є першим документом при проектуванні та для виготовлення спроектованої машини. В результаті виготовляється машина, необхідна для виробництва.

Процес створення машини від формулювання цілей обслуговування до готового продукту можна чітко розділити наступним чином.

Процес від до готового продукту можна чітко розділити на два етапи:

- проектування та виробництво.
- це реалізація проекту через виробничий процес.

Конструювання та реалізація другого етапу є основним завданням технології машинобудування.

Магістерська робота – це самостійна, завершена робота на завершальному етапі наукового дослідження у вищому навчальному закладі, яка ґрунтується на критичному осмисленні відомих результатів і містить строго аргументоване та

задовільне розв'язання певної наукової, науково-методичної або інженерної задачі.

Актуальність роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» з використанням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Кронштейн СМ.004.310».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310».

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 «Кронштейн СМ.004.310» з використанням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням верстатів з ЧПК.

2. Розроблено нову конструкцію пристрою для свердлування та цекцівання і пристрій для контролю непаралельності отворів.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Головним завданням магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки при виготовленні деталі «Кронштейн СМ.004.310». Для досягнення цієї мети необхідно удосконалити технологічний процес виготовлення деталі з використанням верстатів з ЧПК.

Крім розробки нового технологічного процесу, в магістерській роботі необхідно спроектувати спеціальні пристрої для обробки поверхонь та пристрій контролю паралельності поверхонь.

Крім технічної та конструкторської частини, необхідна також дослідницька частина, де представлені розрахунки на міцність і визначені напруження і переміщення окремих поверхонь деталей під робочими навантаженням в процесі її експлуатації.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Кронштейн СМ.004.310 відноситься до класу важелів. Важелі являються ланками системи машин агрегатів, приладів, пристроїв.

Здійснюючи коливний чи обертовий рух, важелі передають необхідні сили і рухи спряженим деталям, заставляючи їх виконувати потрібні переміщення з потрібною швидкістю або залишаються нерухомими і фіксують відносне положення спряжених деталей.

Одною з основних баз важеля звичайно являється поверхня отвору, в більшості конструкції представляють подвійну направляючу базу, якою важіль приєднується до базової деталі.

В комплексі допоміжних баз у більшості важелів є поверхні гладких отворів, паралельні основній базі і рідше поверхні різьбових чи гладких отворів, перпендикулярні їй.

Кронштейн служить для кріплення і взаємного розташування складових деталей копірувального механізму. Кріплення кронштейна до рами агрегату проводиться за допомогою 4-х болтів. М10х15 88.019. Тяга з'єднана шарнірно з кронштейном за допомогою підшипника кочення. Для герметизації підшипникового вузла використовують ущільнюючі кільця, які запресовуються в отвори D_2 , D_3 . З'єднання тяги з кронштейном виконано аналогічно попередньому з використанням двохрядного підшипника. Для притискання копіра використовується циліндрична пружина, яка з'єднана з кронштейном за допомогою отвору Г.

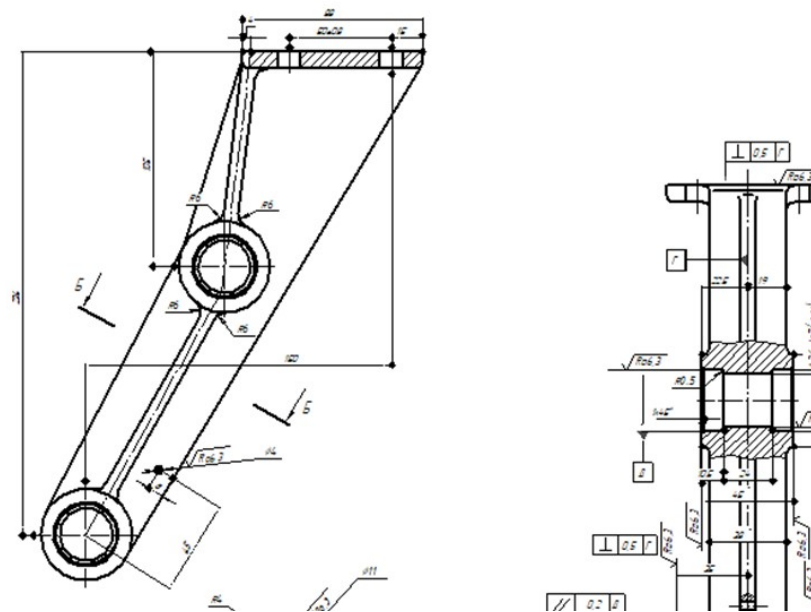


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі «Кронштейн СМ.004.310»

Кованим називається чавун в відливках, виготовленого з білого чавуну, які підлягають наступній графітизуючій віднові, в результаті чого цементит розпадається, а графіт, що утворюється набуває форму пластівців. Кований

чавун має кращу демпферуючу здатність, ніж сталь і меншу чутливість до надрізів, задовільно працює при низьких температурах.

Механічні властивості ковкого чавуну визначаються структурою механічної основи, кількістю і ступеню компактності включення графіту. Механічна основа КЧ в залежності від типу термообробки буває феритно, феритно-перлітною.

Властивості даного матеріалу зводимо в таблиці 1.1 та табл. 1.2..

Таблиця 1.1 – Механічні властивості Чавун КЧ 33-8 ДСТУ 3925-99

σ_B , кг/мм ²	$\sigma_{зг}$, кг/мм ²	σ_c , кг/мм ²	δ , %	ψ , %
33	60-110	140-220	8	2,0-5,0

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості Чавун КЧ 33-8 ДСТУ 3925-99

γ , г/см ³	λ , кал/см-сек-град	$\lambda \cdot 10^{-8}$
7,2-7,4	0,12-0,13	1,0-2,0

Відливку виконують по 3-ому класу точності, де не вказані радіуси заокруглень 2,5 мм.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних умов

Позн. поверх.	Технічна умова	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
	Забезпечити шорсткість оброблюваних поверхонь		Зразки шорсткості набір №1
А	Забезпечити розмір 105±0,8	Горизонтальне фрезерування чорнове Rz80	Штангенглибиномір ШТ-0-250
Б, В	Забезпечити розмір Ø26Js7	Зенкерування, протягування	Пробка Ø26

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
М	Забезпечити розмір $5\pm 0,3$	Свердління	Пробка $\varnothing 5$
Д, Д ₁ , Д ₂ , Д ₃	Забезпечити розмір $\varnothing 30H9$	Зенкерування	Пробка $\varnothing 30$
А	Забезпечити розмір $105\pm 0,8$	Фрезерування	Штангенциркуль ШЦ- І-125-0,1
Ж, Ж ₁	Забезпечити розмір $45\pm 0,31$	Фрезерування	Штангенциркуль ШЦ- І-125-0,1
З, З ₁	Забезпечити розмір $70\pm 0,31$	Фрезерування	Штангенциркуль ШЦ- І-125-0,1
Е	Забезпечити розмір $\varnothing 11^{+0,43}$	Свердлування	Штангенциркуль ШЦ- І-125-0,1

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

«Основні задачі, які вирішуються при аналізі зменшення трудомісткості і металомісткості, можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

1. Рівень технологічності конструкції по точності обробки:

$$K_{p.tч} = \frac{K_{б.tч}}{K_{тч}} = \frac{0,53}{0,53} = 1, \quad (1.1)$$

де $K_{б.tч}$, $K_{тч}$ – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт точності обробки.

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i} = 1 - \frac{2 + 2 + 10}{2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 10} = 0,53, \quad (1.2)$$

де $T_{\text{сер}}$ – середнє числове зусилля параметру точності обробки виробу;

n – число розмірів з відповідним числовим значенням параметра точності,

$$n = 2;$$

T – числове значення параметра точності обробки (квалітету), $T = 2$

2. Рівень технологічності конструкції по шорсткості

$$K_{\text{рш}} = \frac{K_{\text{бш}}}{K_{\text{ш}}} = \frac{0,21}{0,21} = 1, \quad (1.3)$$

де $K_{\text{бш}}$, $K_{\text{ш}}$ – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт шорсткості поверхні.

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{\text{Ш}_{\text{сер}}} = 1 - \frac{\sum n_{iш}}{\sum T n_{iш}} = 1 - \frac{2 + 1 + 6}{1 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 6} = 0,21, \quad (1.4)$$

де Ш – середнє числове значення параметру шорсткості поверхні вибору;

n – число поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості

3. Коефіцієнт використання матеріалу

$$K = \frac{M}{M_{\text{м}}} = \frac{1,8}{2,0} = 0,9 \approx 1, \quad (1.5)$$

де M – маса готової деталі, $M = 1,8$ кг

$M_{\text{м}}$ – маса матеріалу, який затрачено на виготовлення деталі» [4], $M_{\text{м}} = 2,0$ кг.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Виріб типу виробництва проводиться у відповідності за коефіцієнтом закріплення операцій Для цього використовують коефіцієнт закріплення операцій, який для:

- одиничного $K_{30} > 40$;
- дрібносерійного $20 > K_{30} > 40$;

- середньо серійного $10 > K_{30} > 20$;
- крупносерійного $1 > K_{30} > 10$
- масового $K_{30} > 1$

Значення коефіцієнта закріплення операцій приймається для планового періоду, рівного одному місяцю і визначається за формулою:

$$K_{30} = O / P, \quad (1.6)$$

де O – кількість деталей-операцій, які виконують на дільниці за місяць;

P – кількість робочих місць на дільниці.

Число операцій закріплених за одним робочим місцем можна визначити:

$$O_{p.m} = \eta_n / \eta_z, \quad (1.7)$$

де η_n – нормативний коефіцієнт завантаження робочого місця всіма закріпленими за ним операціями.

η_z – коефіцієнт завантаження робочого місця на даній операції» [4].

«Враховуючи η отримаємо:

$$O_{p.m} = \frac{60F_M \cdot K_B \cdot \eta_n}{T_{ш-к} \cdot N_M}, \quad (1.8)$$

де F_M – місячний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному режимі.

$$F_M = 4015 / 12 = 334,5 \text{ год.};$$

K_B – середній коефіцієнт виконання норм часу, $K_B = 1,3$;

$T_{ш-к}$ – штучно калькуляційний час виконання проектуючої операції на даному верстаті, $T_{ш-к} = \varphi_k \cdot T_o$;

φ_k – коефіцієнт який визначається від типу виробництва і характеристики обладнання;

T_o – основний технологічний час;

N_M – місячна програма випуску деталей $N_M = N / 12 = 24000 / 12 = 2000$
деталей

η_n – нормативний коефіцієнт завантаження робочого місця (обладнання) при виконанні всіх закріплених операцій, $\eta_n = 0,75 - 0,85$ при серійному типі виробництва» [4].

Значення штучно-калькуляційних часу по операціях:

$$005 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 0,741;$$

$$010 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 0,39;$$

$$015 \text{ Горизонтально – протяжна } T_{\text{ш-к}} = 0,68;$$

$$020 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 0,43;$$

$$025 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 1,83;$$

$$030 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 1,4;$$

$$035 \text{ Горизонтально – фрезерна } T_{\text{ш-к}} = 0,78;$$

$$040 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 0,19;$$

$$050 \text{ Вертикально – свердлильна } T_{\text{ш-к}} = 0,12.$$

Число операцій закріплених за одним робочим місцем.

$$O_{\text{р.м1}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,741 \cdot 2000} = 13,2;$$

$$O_{\text{р.м2}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,39 \cdot 2000} = 25;$$

$$O_{\text{р.м3}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,68 \cdot 2000} = 14,3;$$

$$O_{\text{р.м4}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,43 \cdot 2000} = 22,7;$$

$$O_{\text{р.м5}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{1,83 \cdot 2000} = 5,3;$$

$$O_{\text{р.м6}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{1,4 \cdot 2000} = 6,9;$$

$$O_{\text{р.м7}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,78 \cdot 2000} = 12,5;$$

$$O_{\text{р.м8}} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,19 \cdot 2000} = 51,5;$$

$$O_{p.m9} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,75}{0,12 \cdot 2000} = 81,5;$$

$$K_{zo} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=n}^m P_i} = \frac{232,018}{9} = 25,8, \quad (1.9)$$

де i – кількість операцій, $i = 9$

n – кількість робочих місць

Оскільки $K_{zo} = 25,8$, отже тип виробництва дрібносерійний.

Задано добовий випуск деталей

$$N_d = N_p / 253 = 24000 / 253 = 94,8 \approx 95 \text{ шт.} \quad (1.10)$$

де N_p – річна програма випуску, $N_p = 24000$ шт.

253 – кількість робочих днів в році.

Добова продуктивність поточної лінії:

$$O_d = \frac{F_d}{T_{cp}} \cdot \eta_z = \frac{960}{1,3} \cdot 0,007 = 5,16 \approx 5 \text{ хв.} \quad (1.11)$$

де F_d – добовий фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі роботи, $F_d = 960$ хв.;

T_{cp} – середня верстатомісткість основних операцій, хв.;

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{T_{штиi}}{n \cdot K_z} = \frac{14,729}{91,3} = 1,3 \text{ хв.} \quad (1.12)$$

де $T_{штиi}$ – штучний час основної i -ої операції, норма хв.;

n – кількість основних операцій (без врахування операції типу зняття фасок, зачистки заусенець);

K_v – середній коефіцієнт випуску норми часу, $K_v = 1,3$; η_z – коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_z = \eta_n / O_{p.m} = 0,75 / 93,018 = 0,007$.

$$T_{штi} = T_o + t_d + t_{обсл} + t_{п} = 0,729 + 1 + 3 + 10 = 14,7 \text{ хв}, \quad (1.13)$$

де T_o – основний час обробки, $T_o = 0,729$ хв.;

t_d – допоміжний час обробки, $t_d = 1$ хв.;

$t_{обсл}$ – час обслуговування, $t_{обсл} = 3$ хв.;

$t_{п}$ – час на перерву, $t_{п} = 10$ хв.

Форма організації технологічних процесів визначають у відповідності від типу виробництва, встановленого порядку виконання операцій, розташування обладнання. Форма організацій – групова.

Таблиця 2.1 – Організаційно-технологічні характеристики серійного типу виробництва

Характерна ознака	Дрібносерійне виробництво
Форма організації виробничого процесу	Групова
Розміщення технологічного обладнання	По ходу технологічних процесів
Класифікація робітників	Різна
Повторність партій	Періодична
Види техпроцесів	Типові, групові, одиничні
Ступень деталізації технологічних процесів	Маршрутні і маршрутно-операційні
Технологічне обладнання	Універсальне, частково-спеціалізоване, спеціальне
Технологічне оснащення	Універсально-налагоджувані, спеціалізовані і збірно - розбірні пристрої
Ріжучий інструмент	Універсальний, спеціальний, і спеціалізований
Вимірювальний інструмент	Калібри, спеціальний вимірювальний інструмент
Налагодження верстатів	Верстати настроєні
Види заготовок	Відливок за металевими методами
Застосування розмітки	Обмеження
Методи досягнення точності	Методи повної і часткової взаємозамінності
Види нормування робіт	Технічне нормування серійного виробництва

1.5 Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Кронштейна СМ.004.310»

Для удосконалення технологічного процесу запропоновано застосувати на операціях оброблення кронштейна 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 представлено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2. Загальний вигляд верстата VF-1

1.6 Висновки та дослідницькі цілі розділу 1

Аналіз технологічності конструкції деталі «Кронштейн СМ.004.310» 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 «Кронштейн СМ.004.310» з використанням верстатів з ЧПК;
2. Спроекувати верстатний пристрій на верстат з ЧПК;
3. Спроекувати верстатний пристрій для свердлування отвору $\varnothing 5$ мм;

4. Спроекувати контрольний пристрій.

5. 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

Згідно з базовим технологічним процесом виготовлення деталі є найбільш ефективним в умовах середньосерійного виробництва, так як використовуються універсальні верстати і спецпристрої.

Для виготовлення заготовки даного кронштейна найбільш раціонально використовувати литво. Литвом в даному випадку досягається максимальна відповідність реальної заготовки кресленню.

Провівши аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення кронштейна запропоновано замінити обробку отворів на верстатах горизонтально-розточувальному 2615, та алмазно - розточувальному 2706В обробкою на свердлувальних верстатах 2М55 та протягувальному 7Б520, а також об'єднати операцію фрезерування поверхні основи із свердлуванням 4 отворів на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК мод. VF-1, виходячі з однієї схеми базування згідно програми.

Запропоновано спроектувати на свердлувальні верстати спеціальні пристрої.

2.2 Вибір заготовки деталі та способу її одержання

«Правильний вибір заготовок має безпосередній вплив на можливість раціонально спроектувати процес виробництва окремих деталей і окремих вузлів в цілому, сприяючи зниженню металоємності і відходів в машині. Спосіб отримання заготовки визначається на основі аналізу креслення деталі, її призначення і технічних вимог» [1]. Виходячі з конструкції деталі та її матеріалу, вибирається лиття.

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

«Загальним напрямком є вибір методу отримання заготовки, форма і розміри якої максимально наближені до параметрів готової деталі з урахуванням обсягу виробництва. Тому при виборі методу отримання заготовок слід враховувати властивості матеріалу, структурну геометрію поверхні, розміри і вагу, точність і виробничу програму.

На основі техніко-економічного обґрунтування, аналізу вартості і трудомісткості та визначення способу отримання заготовок слід запропонувати щонайменше два способи їх отримання і вибрати найкращий» [1].

1-й варіант – деталь виготовляється литвом в кокіль.

«Вартість литої заготовки в кокіль визначається за формулою [1]:

$$S_{заг1} = \left(\frac{S_i}{1000} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - g) \frac{S_{ei\partial x}}{1000}, \quad (2.1)$$

де S_i – базова вартість 1т заготовки, грн.;

k_t , k_c , k_m , k_b , k_n - коефіцієнти, які залежать відповідно від класу точності, групи складності, маси, марки матеріала, та об'єму виробництва заготовок.

2-й варіант – деталь виготовляють литтям в оболонкові форми.

Вартість литої заготовки литвом в оболонкові форми визначається за формулою:

$$S_{заг2} = \left(\frac{S_i}{1000} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - g) \frac{S_{ei\partial x}}{1000}, \text{ » [1].} \quad (2.2)$$

Для проведення розрахунків застосуємо програму «Vartist», розроблену на кафедрі технології машинобудування. Результати розрахунків приведено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

Розрахунок заготовки

Перший варіант

Вид отримання заготовки

- прокат
- литво в землю і кокіль
- литво по виплавлюваних моделях
- литво по випалюваних моделях
- литво по газифікованих моделях
- литво під тиском
- литво в оболонкові форми
- штампування

Маса заготовки, кг: 2,1

Маса деталі, кг: 1,8

Програма випуску, шт: 24000

Вартість 1-ї тони відходів, грн: 160

Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн: 3600

Матеріал: СЧ10,СЧ15,СЧ18

Група складності: 1 Клас точності: 1

Другий варіант

Вид отримання заготовки

- прокат
- литво в землю і кокіль
- литво по виплавлюваних моделях
- литво по випалюваних моделях
- литво по газифікованих моделях
- литво під тиском
- литво в оболонкові форми
- штампування

Маса заготовки, кг: [input]

Маса деталі, кг: [input]

Програма випуску, шт: [input]

Вартість 1-ї т відходів, грн: [input]

Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн: [input]

Матеріал: СЧ10,СЧ12,СЧ15

Група складності: 1 Клас точності: 1

Рисунок 2.1 – Розрахунок собівартості заготовки

Результат розрахунку заготовок

Перший варіант

Спосіб отримання заготовки: литво в землю і кокіль

Вартість заготовки, грн: 5,77

Другий варіант

Спосіб отримання заготовки: литво в оболонкові форми

Вартість заготовки, грн: [input]

Різниця у собівартості, грн: 1,06

Річний економічний ефект, грн: [input]

Перший варіант кращий

Рисунок 2.2 – Результат порівняльного розрахунку

Економічний ефект розраховується за формулою:

$$E_3 = (S_{\text{зар1}} - S_{\text{зар2}}) * N_p, \quad (2.3)$$

де $S_{\text{заг1}}$, $S_{\text{заг2}}$ – вартість співставлених заготовок, грн.,
 N_p – річна програма.

Економічний ефект для співставлення способів одержання заготовок при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, може бути згідно розрахунків 25427,97 грн.

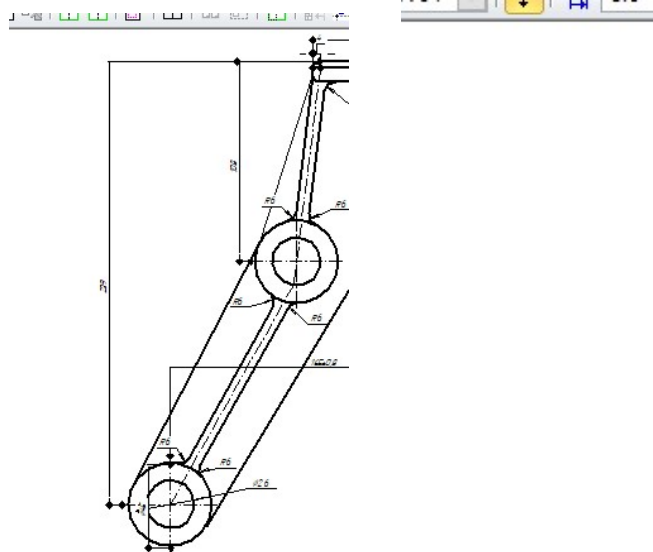


Рисунок 2.3 Загальний вигляд зготовки «Кронштейна СМ.004.310»

2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення

2.3.1 Вибір технологічних баз

«При обробці деталей на верстатах, заготовки повинні бути правильно зорієнтовані відносно механізмів і вузлів верстатів, що визначають траєкторію руху подачі інструментів (направляючих супортів, фрезерних і різцевих головок).

Задачі взаємного орієнтуру деталей і складальних одиниць в машинах при їх складанні і заготовок на верстатах при виготовленні деталей вирішується їх базуванням.

Для виконання технологічної операції необхідно не тільки здійснити базування оброблюваної заготовки, а також необхідно забезпечити їх нерухомість відносно пристосування на весь період обробки.

В зв'язку з цим при виготовленні заготовок в пристроях вирішують дві задачі: орієнтування і досягнення нерухомості методом закріплення заготовки. Ці задачі вирішуються однаковими методами, тобто накладання певних зв'язків на можливі переміщення заготовок в просторі.

При обробці заготовки, отриманої литтям необроблені поверхні в якості баз можна використовувати тільки на перших операціях.

При виборі базових поверхонь слід також сказати, що найбільша точність обробки досягається при умові використання на всіх операціях механічної обробки одних і тих же базових поверхонь, тобто щоб зберігався принцип єдності баз.

Рекомендується також зберігати принцип суміщення баз, при якому в якості технологічних базових поверхонь використовують конструкторські і вимірювальні бази» [4].

Схеми базування по операціям технологічного маршруту виготовлення деталі Кронштейн СМ.004.310 з вибраним обладнанням представлено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Схеми базування по операціям технологічного маршруту виготовлення деталі Кронштейн СМ.004.310

№ операції	Найменування операції	Устаткування (тип, модель)	Схема базування
005	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний мод. 2М55	
010	Горизонтально-протяжна	Горизонтально-протяжний мод. 7Б520	
015	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний мод. 2М55	
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний оброблюючий центр VF-1	
025	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний мод. 2А125.	

2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

2.3.2.1 Вибір методів обробки поверхонь

Маршрут обробки окремих поверхонь встановлюємо, виходячи із вимог робочого креслення і прийнятої конструкції заготовки.

Отвори $\varnothing 26H9$ – розсвердлування, зенкерування, протягування

Отвір $\varnothing 30H9$ – зенкерування, розвірчування

Поверхня 11 – фрезерування.

Отвір $\varnothing 5^{+0,20}$ – свердлування.

2.3.3 Встановлення структури та послідовності виконання переходів

Порівнюючи кілька варіантів технологічного процесу з різною концентрацією переходів та продуктивності, можна вибрати остаточний варіант обробки деталі «Кронштейна СМ.004.310».

005 Радіально-свердлильна. Верстат мод. 2М55.

1. Розсвердлити 2 отвори.
2. Зенкерувати 2 отвори.
3. Цекувати 2 отвори з двох сторін.

010 Горизонтально-протяжна. Верстат мод. 7Б520.

1. Протягнути отвір $\varnothing 26$
2. Протягнути отвір $\varnothing 30$

015. Радіально-свердлильна. Верстат мод. 2М55.

1. Зенкерувати отвір $\varnothing 29,7$
2. Розвернути отвір $\varnothing 30H9$
3. Зенкерувати фаски з двох сторін

020 Вертикально-фрезерна з ЧПК. Верстат мод. VF-1.

1. Фрезерувати поверхню

2. Зацентрувати 4 отвори

3. Свердлити послідовно 4 отвори $\varnothing 11$.

025 Вертикально-свердлильна. Верстат мод. 2A125.

1. Свердлити отвір $\varnothing 5$

Вибір різального та вимірювального інструменту

Таблиця 2.4 – вибір різального та вимірювального інструменту

№ п/п	Назва операції (переходу)	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
1	2	3	4
005	Радіально-свердлильна 1. Розсвердлити 2 отвори 2. Зенкерувати 2 отвори 3. Цекувати 2 отвори	Свердло P6M5 Зенкер $\varnothing 25,5$ 2320-4027 Зенкер $\varnothing 29$, 52134-3000 Цековка 2214-400	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
010	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути отвір $\varnothing 26$ 2. Протягнути отвір $\varnothing 30$	Протяжка $\varnothing 26Js7$ 2400-4013 Протяжка $\varnothing 30$ 2400-4042	Пробка 8133-4274
015	Радіально -свердлильна 1. Зенкерувати отвір $\varnothing 29,7$ 2. Розвернути отвір $\varnothing 30H9$ 3. Зенкерувати фаски	Зенкер $\varnothing 29,7$ 2322-4019 Розвіртка $\varnothing 30H9$ 2363-4018 Зенківка 2523-0013P18	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Пробка $\varnothing 30H9$ 8133-0944

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4
020	Вертикально-фрезерна ЧПК 3 1. Фрезерувати поверхню 2. Зацентрувати 4 отвори 3. Свердлити послідовно 4 отвори 4	Фреза $\varnothing 100$ 2214-0005 Свердло центрувальне $\varnothing 3$ Свердло $\varnothing 11$ 2301-0034	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
025	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір $\varnothing 5$	Свердло $\varnothing 5$ 2300-0173	Штангенциркуль Пробка $\varnothing 5$

При виборі різального інструменту враховують тип виробництва, методи обробки та обладнання, форму поверхні та матеріал деталі.

Для чавуну КЧ 33-8 для фрезерування згідно рекомендації [3] вибираємо твердосплавні пластини ВК6 для свердла. Для розвірток, зенкерів - Р6М5.

2.4 Визначення припусків на механічну обробку деталі

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розмір $\varnothing 26 \pm 0,01$

При обробленні поверхні $\varnothing 26 \pm 0,01$ застосовуються наступні переходи: розсвердлування, зенкерування, протягування

Для визначення припусків на обробку отворів $\varnothing 26 \pm 0,01$ складаємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах а обробку отвору $\varnothing 26 \pm 0,01$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 26 \pm 0,01$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Розрахунок граничні припуски	
	Rz	T	ρ	ε_y				D_{min}	D_{max}	$2Z_{i_{min}}$	$2Z_{i_{max}}$
Заготовка	100		36	–	–	24,89	500	24,39	24,89	–	–
Розсвердлювання	40	60	2	20 0	806	25,7	130	25,57	25,7	810	1180
Зенкерування	20	25	0,0 1	10	220	25,92	52	25,87	25,92	220	300
Протягування	4	6	0	0	90	26,01	21	25,99	26,01	90	120
Загальний припуск										1120	1600

«Сумарне значення Rz і T, яка характеризує якість поверхні литих заготовок складає 700 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначаємо згідно формули:

$$\rho_3 = \rho_{кор} = \sqrt{(\Delta K \cdot d)^2 + (\Delta K \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 26)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 36,03 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

де $\rho_{кор}$ – величина короблення отвору;

ΔK – питоме короблення, $\Delta K = 0,7$ мм на 1 мм довжини [4];

d – діаметр оброблюваного отвору, $d = 26$ мм;

l – довжина оброблюваного отвору, $l = 45$ мм» [4].

Величина залишкового просторового відхилення:

– після розсвердлювання

$$\rho_1 = \rho_3 \cdot K_y = 36 \cdot 0,06 = 2,16 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

– після зенкерування

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot K'_y = 2,16 \cdot 0,005 = 0,0108 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

– після протягування

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot K_y'' = 0,0108 \cdot 0,002 = 0,00002 \approx 0 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми [4]

Похибка встановлення:

– при розсвердлюванні

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{\varepsilon_5^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 200^2} = 200 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

– при зенкеруванні

$$\varepsilon_{y2} = 0,05 \cdot \varepsilon_{y1} \cdot \varepsilon_{\text{інд}} = 0,05 \cdot 200 \cdot 1 = 10 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

На основі записаних в таблиці 2.4 даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків:

$$2Z_{\min 1} = 2 \left(R_{\text{заг}} + \tau_{\text{заг}} + \sqrt{\rho_{\text{заг}}^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(700 + \sqrt{36^2 + 200^2} \right) = 1806 \text{ мкм.} \quad (2.10)$$

$$2Z_{\min 2} = 2 \left(R_{z1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2 \left(40 + 60 + \sqrt{2^2 + 10^2} \right) = 220 \text{ мкм.} \quad (2.11)$$

$$2Z_{\min 3} = 2(R_{z2} + T_3) = 2(20 + 25) = 90 \text{ мкм.} \quad (2.12)$$

Розрахункові розміри:

$$d_{p,3} = 26,01 \text{ мм.}$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{\min 3} = 26,01 - 0,09 = 25,92 \text{ мм.}$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min 2} = 25,92 - 0,22 = 25,70 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{рзаг}} = d_{p1} - 2Z_{\min 1} = 25,7 - 0,86 = 24,89 \text{ мм.}$$

Найменші граничні розміри:

$$d_{\min 3} = d_{\max 3} - \delta_3 = 26,01 - 0,021 = 25,99 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} - \delta_2 = 25,99 - 0,052 = 25,87 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 1} = d_{\max 1} - \delta_1 = 25,70 - 0,13 = 25,57 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{заг}} = d_{\max \text{заг}} - \delta_{\text{заг}} = 24,89 - 0,50 = 24,39 \text{ мм.}$$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}^{\text{пр}}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів, а максимальне значення $Z_{\max}^{\text{пр}}$ відповідно різниці найменших граничних розмірів:

– при протягуванні

$$2Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 26,01 - 25,92 = 0,090 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max 3}^{\text{пр}} = 25,99 - 25,81 = 0,120 \text{ мм.}$$

– для зенкерування

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 25,92 - 25,70 = 0,22 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 25,57 - 24,39 = 1,180 \text{ мм.}$$

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні пропуски:

$$2Z_{0\min} = 810 + 220 + 90 = 1120 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{0\max} = 1180 + 300 + 120 = 1600 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + \frac{\delta_{\text{заг}}}{2} + \frac{\delta_{\text{дет}}}{2} = 1120 + \frac{500}{2} - \frac{21}{2} = 1360 \text{ мкм.} \quad (2.13)$$

$$d_{\text{зном}} = d_{\text{дно}} - Z_{0\text{ном}} = 26 - 1,36 = 24,64 \text{ мм.} \quad (2.14)$$

Проводимо перевірку правильності розрахунків:

$$Z_{\max 3}^{\text{пр}} - Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 120 - 90 = 30 \text{ мкм.} \quad (2.15)$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 52 - 21 = 31 \text{ мкм.} \quad (2.16)$$

$$Z_{\max 2}^{\text{пр}} - Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 300 - 220 = 80 \text{ мкм.}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 130 - 52 = 78 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\max 1}^{\text{пр}} - Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 1180 - 810 = 370 \text{ мкм.}$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 500 - 130 = 370 \text{ мкм.}$$

Розрахунки зроблено вірно. За цими результатами виконуємо схему розташування полів допусків і припусків на обробку отвору $\varnothing 26 \pm 0,01$ мм

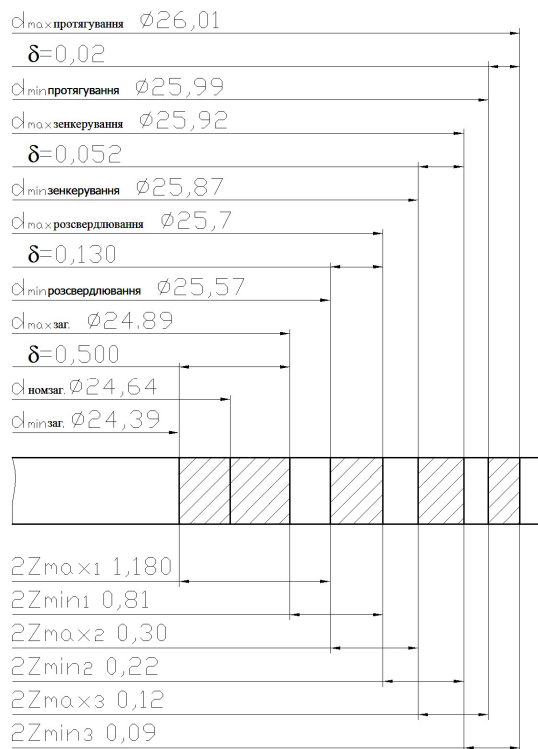


Рисунок 2.4. Схема розташування полів допусків і припусків на обробку отвору $\varnothing 26 \pm 0,01$ мм

2.4.2 Табличний метод призначення припусків на виливку

Призначимо припуски табличним шляхом і зведемо їх у таблицю 2.2.

Таблиця 2.3 – Табличні значення припусків і допусків заготовки

Номинальний розмір, мм	Допуски розмірів виливки, мм	Припуски на мехобробку		Загальний припуск на мехобробку, мм	Розміри відливки, мм
		Основні, мм	Додаткові, мм		
70	±1,1	1,6	0,2	2x1,8	73,6±1,1
45	±1,0	1,4	0,1	2x1,5	48±1,0
∅26	±0,56	1,6	0,3	2x1,8	∅22,4±0,56
8	±0,8	1,8	0,2	2,0	10±0,8
88	±1,1				88±1,1
236	±1,6				236±1,6
80	±1,1				80±1,1
43	±1,2				43±1,2
38	±1,1				38±1,1
∅45	±1,0				∅45±1,0
22	±0,8				22±0,8
16	±0,7				16±0,7
7	±0,8				7±0,8
95	±1,1				95±1,1
68	±1,1				68±1,1
105	±1,2				105±1,2

2.5 Розрахунок режимів різання

2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на радіально – свердлильну операцію 005

Розрахунок аналітичним способом виконуємо один перехід, а на решту переходів призначимо по нормативних даних.

005 Радіально – свердлильна. Перехід 2.

1. зенкерується 2 отвори. Зенкер 25,5 мм. з Р6М5.

$D_{\text{отв}} = 25,5$ мм на радіально-свердильному верстаті 2М55;

$T_{\text{зенкера}} = 40$ хв.;

Подача $S = 1,0$ мм/об;

Глибина $t = 1,45$ мм;

Довжина $l = 75$ мм;

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m_t} \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{27,9 \cdot 25,5^{0,2}}{40^{0,125} \cdot 1,45^{0,1} \cdot 100^{0,4}} \cdot 0,63^{1,3} = 21 \text{ м/хв.} \quad (2.17)$$

де $C_v = 27,9$; $D = 25,5$; $q = 0,2$; $K = 0,1$; $y = 0,4$; $m = 0,125$ [9];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{pv} = 0,6857 \quad (2.18)$$

Число обертів шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 25,5} = 262 \text{ об/хв.} \quad (2.19)$$

Кількість обертів коректуємо по паспорту верстата $n_{\text{кор}} = 250$ об/хв.

$$V_{\text{кор}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кор}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 250}{1000} = 20,01 \text{ м/хв.} \quad (2.20)$$

Крутий момент визначаємо за формулою:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,01 \cdot 25,5^{2,2} \cdot 1^{0,8} \cdot 1,45^{0,6} \cdot 0,16 = 24,8 \text{ Н.} \quad (2.21)$$

$$\text{де } C_M = 0,01; q = 2,2; x = 0,8; S = 1,0, K_p = \frac{(HB)^n}{150} = \frac{(220)^{0,6}}{150} = 0,16.$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 32,8 \cdot 25,5^{1,2} \cdot 1,0^{0,75} \cdot 1,25 = 199 \text{ Н.} \quad (2.22)$$

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
015. Радіально-свердлильна								
1. Зенкерувати отвір Ø29,7	0,4	12,5	1	0,4	90	6,4	0,6	0,4
2. Розвернути отвір Ø30H9								0,3
3. Зенкерувати фаски	0,2	56	1	0,8	90	4	0,9	
	0,5	1,5	1	0,6	80	8	0,4	0,2
020. Вертикально-фрезерна з ЧПК.								
1. Фрезерувати поверхню	0,4	55	1	0,1 мм/зуб	800	56	0,6	0,6
2. Зацентрувати отвори	4	0,1	11	1	0,2	1000	11,8	0,2
3. Свердлити послідовно отвори	4	0,2	11	4	0,2	700	16	1,2
025. Вертикально-свердлильна 2H125	5,5	11	1	0,2	355	12,2	0,15	0,4

2.6 Визначення технічних норм часу при виконанні операції

«Технічні норми часу в умовах серійного виробництва необхідно встановити розрахунково-аналітичними методом і вибрати в довідковій літературі.

При серійному виробництві визначається норма штучного часу.

$$T_{шт} = t_o + t_d + t_{обсл} + t_{відп}, \quad (2.25)$$

де t_o – основний (технологічний) час;

t_d – допоміжний час;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час на відпочинок.

При серійному виробництві додатково розраховується штучно калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \quad (2.26)$$

де $T_{\text{ш-к}}$ – штучно-калькуляційний час;

$T_{\text{п.з}}$ – підготовчозаклучний час;

n – величина партії деталей.

Основний (технологічний) час t_0 витрачається на безпосереднє здійснення технологічного процесу, тобто на заміну форми, розмірів, якості оброблюваної поверхні деталі.

Допоміжний час T_d використовується робочим на дії, які забезпечують виконання основної роботи. Разом з основним часом він складає оперативний час.

При визначення норми допоміжного часу сумують слідуєчи його елементи:

- час на установку і знаття деталі;
- час на управління верстатом (затрати на пуск та установку верстату, включення і виключення подачі, зміну інструменту);
- час на вимірювання деталі;
- час на обслуговування робочого місця.

$T_{\text{обсл}}$ складається з двох частин:

1) Час на технічне обслуговування робочого місця $T_{\text{тех}}$, який витрачається на заміну затушеного інструменту, на регулювання і підналадку верстату під час роботи, і на збирання стружки на робочому місці під час роботи.

2) Час на організаційне обслуговування робочого місця $T_{\text{орг}}$, який потрібен для розкладання інструменту на початку зміни і збиранні його в кінці зміни, огляду обладнання, змащення і очищення верстату під час роботи.

Час перерв на відпочинок $T_{\text{відп}}$ залежить від маси оброблюваної деталі, характеру подачі (ручна чи механічна).

$T_{\text{в.з}}$ – час на встановлення і зняття деталі;

T_y – час управління верстатом;

$T_{\text{в}}$ – час вимірювання деталі;

$T_{\text{т}}$ – технічний час обслуговування;

$T_{\text{ор}}$ – організаційний час обслуговування;

N – величина партії, шт» [9].

Таблиця 2.6 – Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу

Номер та назва операції	$T_{\text{в}}$	Допоміжний час			Оперативний час	Час обслуговування		Час на відпочинок	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{п.з}}$	$T_{\text{ш-к}}$
		$T_{\text{в.з}}$	T_y	$T_{\text{в}}$		$T_{\text{т}}$	$T_{\text{ор}}$				
005 Радіально-свердлильна	1,1	0,11	0,08	0,04	1,33	0,04	0,02	0,07	1,46	18	1,48
010 Горизонтально-протяжна	1,2	0,15	0,32	0,12	1,79	0,03	0,15	0,05	2,02	17	2,04
015 Радіально-свердлильна	1,9	0,36	0,22	0,2	2,68	0,06	0,02	0,06	2,82	18	2,83
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК	2	0,15	0,18	0,2	2,53	0,08	0,02	0,039	2,67	18	2,68
025 Вертикально-свердлильна	0,15	0,08	0,15	0,02	0,31	0,05	0,05	0,1	0,61	18	0,62

2.7 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі «Кронштейн» 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 зенкерування отворів

3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів

За базові елементи приймаємо пальці та площину. Один зрізаний другий циліндричний.

Схему базування показано на рис 3.1.

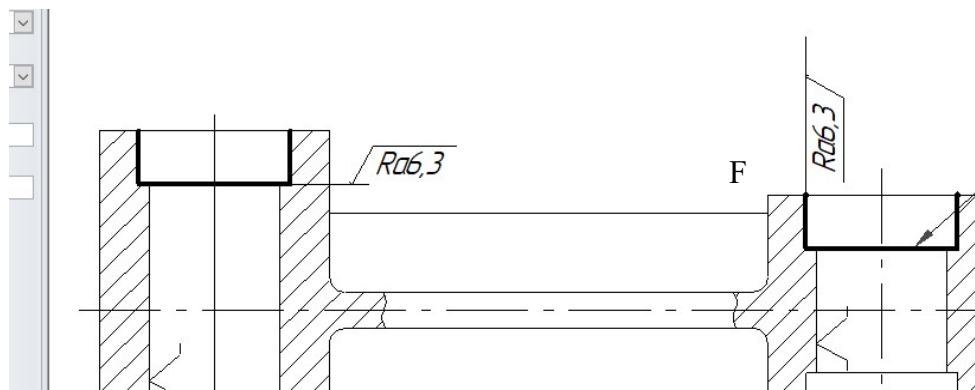


Рисунок 3.1 – Схема базування «Кронштейна»

3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

Згідно умови рівноваги заготовки під дією усіх сил. Сили різання P_z , сил тертя під самим затиском та силою тертя по нижній поверхні заготовки.

Розрахунок сили затиску ведемо по схемі рис. 3.1.

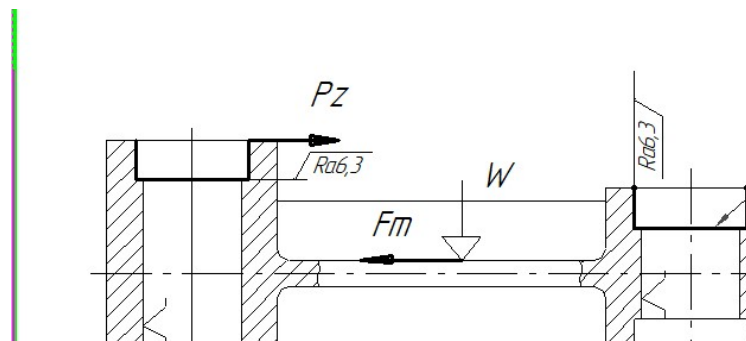


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення «Кронштейна»

$$Q = \frac{W_{сер} \rho_{сер} [\operatorname{tg}(\alpha_{сер} + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_1]}{L}, \quad (3.2)$$

де: Q — сила на рукоятці;

$W = 9300$ Н значення потрібної сили затиску, Н ;

$\rho_{сер} = 40$ мм- середнє значення радіуса, проведеного з центру обертання ексцентрика в точку затиску, мм;

$\alpha_{сер} = 2^{\circ}$ - середній кут підймання ексцентрика в точці затиску, град,

φ, φ_1 — кути тертя ковзання в точці А затиску та на осі ексцентрика, град;

$$\varphi = 6^{\circ} \quad \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$$

$L = 150$ мм – довжина рукояті.

$$\text{Тоді} \quad Q = \frac{9300 \cdot 40 [\operatorname{tg}(2^{\circ}) \cdot 0,1]}{150} = \frac{5208}{150} = 34,7, \text{ Н.}$$

Затиск заготовки буде забезпечено тому що згідно СНП робітник не має право прикладати зусилля затиску більше 150 Н» [12].

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Рахуємо, що на вісь ексцентрика діє найбільше зусилля. Розрахуємо розміри осі ексцентрика.

На вісь ексцентрика діє зусилля W , яке намагається її зрізати, тому розрахунок будемо проводити, виходячи з умови міцності на зріз.

Приймаємо матеріал – Сталь 35 нормалізована.

Умова міцності на зріз [17]:

$$\tau = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot i \cdot d^2 \cdot n} \leq [\tau], \quad (3.3)$$

де W – сила закріплення;

i – кількість площин зрізу, $i = 2$;

d – діаметр осі, мм;

n – кількість елементів, $n = 1$;

$[\tau]$ – допустиме напруження матеріалу осі на зріз, $[\tau] = 75$ МПа.

Визначаємо необхідний діаметр осі ексцентрика:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot i \cdot n \cdot [\tau]}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 9300}{3,14 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 75}} = 8,9 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр осі ексцентрика 20 мм. Запас міцності $20/8,9 = 2,25$ рази.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки заготовки у пристрої визначаємо за формулою [14]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.4)$$

де ε_{δ} – похибка базування заготовки,

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) [14],$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,62$ мм,

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) = 0,5 \cdot 0,62 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,128 \text{ мм};$$

ε_3 - похибка закріплення,

$\varepsilon_3 = 0,09$ мм [14], (затиск ексцентриком);

ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2} \quad , \quad (3.5)$$

де $\varepsilon_{виг}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{виг} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{зн} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{фікс}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{фікс} = 0$ для ЧПК.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0^2} = 0,014 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,128^2 + 0,09^2 + 0,014^2} = 0,157 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = TD - \kappa \cdot \omega \quad , \quad (3.6)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,62$ мм;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [14].

ω – точність обробки на вибраному верстаті, $\omega = 0,005$ мм, [14].

$$\varepsilon_{дон} = 0,62 - 0,8 \cdot 0,005 = 0,616 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$ ($0,616 > 0,157$) виконується. Точність забезпечена.

3.1.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

Пристрій складається з корпусу на якому розміщені базові елементи пальці. На корпусі також встановлено закріплюючий механізм – важільно-ексцентриковий затиск.

Деталь встановлюється на пальці та площину і затискається за допомогою важільно – ексцентрикового затиску.

Основні технічні вимоги: перпендикулярність базових пальців до основи корпусу не більше 0,01 мм на 100 мм довжини.

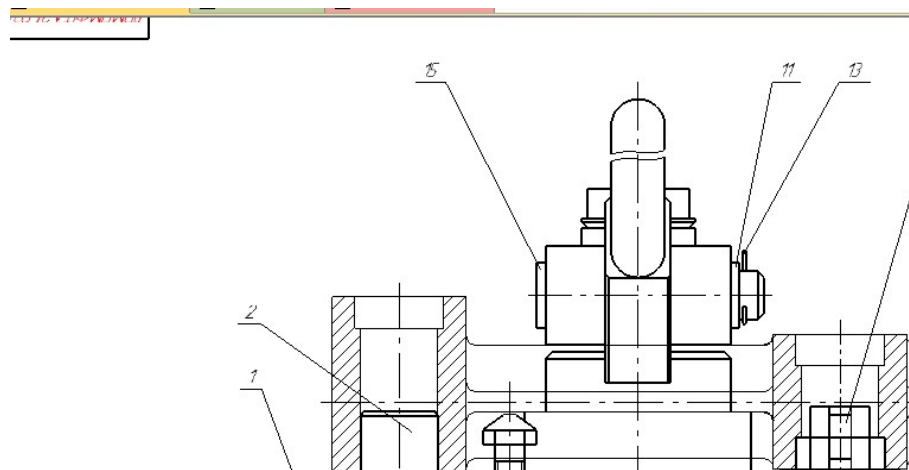


Рисунок 3.4 – Схема затискного пристрою

3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору Ø5 мм

3.2.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Заготовка встановлюється на два пальці один з яких зрізаний та площину.

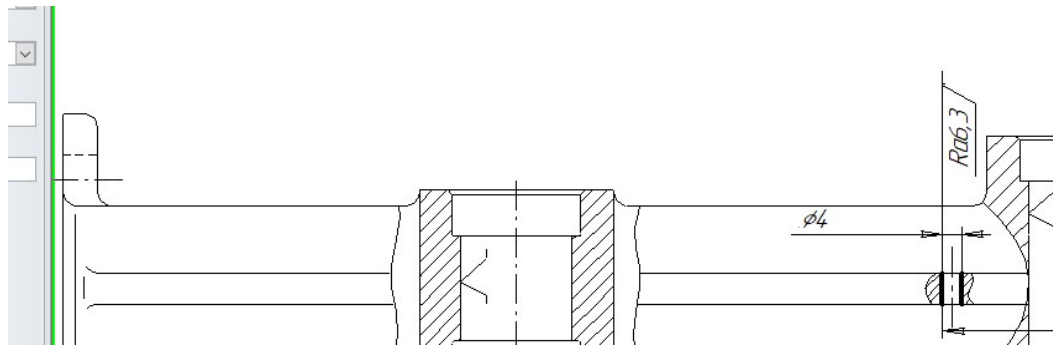


Рисунок 3.5 – Схема базування заготовки

Виходячи з того, що сила різання P_0 діє у напрямку закріплення та момент різання при свердлінні незначний, відпадає потреба у закріпленні та застосуванні закріплюючого механізму. Розрахунки на міцність проводити не має потреби.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

«Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad [14] \quad (3.14)$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі,

$$\varepsilon_{\delta} = S_{\max} = T_{\text{отв}} + T_{\text{пал}} + S_{\min} \quad [4],$$

де S_{\max} – найбільший зазор між циліндричним пальцем і отвором заготовки на діаметр;

$T_{\text{отв}}$ - поле допуску отвору, $T_{\text{отв}} = 0,018 \text{ мм} (\varnothing 25_{0}^{+0,018})$;

$T_{\text{пал}}$ - поле допуску пальця, $T_{\text{пал}} = 0,011 \text{ мм}$ (беремо як для розміру $\varnothing 25_{-0,017}^{-0,006}$);

S_{\min} – найменший зазор між циліндричним пальцем і отвором заготовки на діаметр, беремо $S_{\min} = 0,01 \text{ мм}$;

$$\varepsilon_{\delta} = S_{\max} = 0,018 + 0,011 + 0,01 = 0,129 \text{ мм}$$

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0$ » [4];

« ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{фікс}}^2}, \quad (3.15)$$

де $\varepsilon_{\text{виг}}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{\text{виг}} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{\text{фікс}}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{\text{фікс}} = 0$

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0^2} = 0,014 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,129^2 + 0,014^2} = 0,1297 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.16)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,4$ мм;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [4];

ω – точність обробки на вибраному верстаті, $\omega = 0,025$ мм.» [4].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,4 - 0,8 \cdot 0,025 = 0,38 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_y$ ($0,38 > 0,1287$) виконується.

3.2.3 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи

Пристрій складається з корпусу якому розташовано базові елементи пальці: один циліндричний другий зрізаний. Для направлення свердла застосована кондукторна втулка, яка встановлена на відкидній плиті. Плита фіксується за допомогою гвинта з барашкою. Деталь встановлюється на пальці. Плита підводиться до деталі та закріплюється гвинтом з барашкою. Проводиться обробка.

Технічні умови на пристрій: необхідно витримати перпендикулярність осі кондукторної втулки до поверхні основи пристрою.

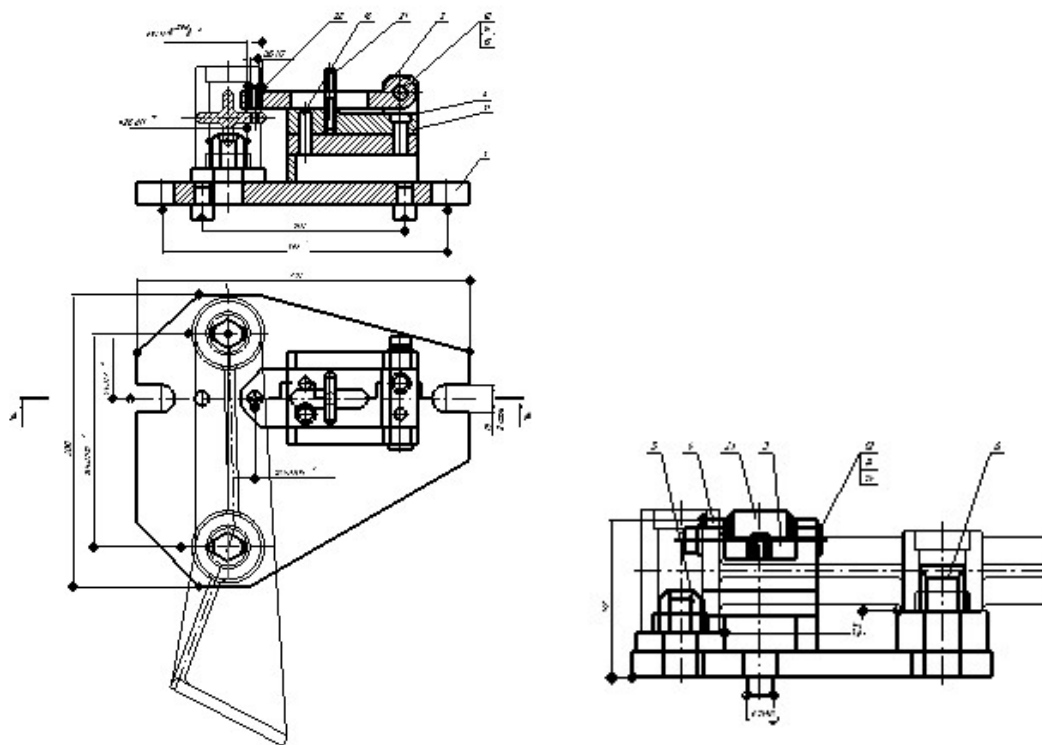


Рисунок 3.6– Схема базування та закріплення деталі при вимірюванні

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для визначення паралельності осей отворів

3.3.1 Розробка схеми вимірювання

Параметр контролю паралельності отворів проводиться за допомогою двох скалок, які встановлюються у отвори. Вимірювання проводиться відносним методом за допомогою індикатора годинникового типу в двох точках на скалках.

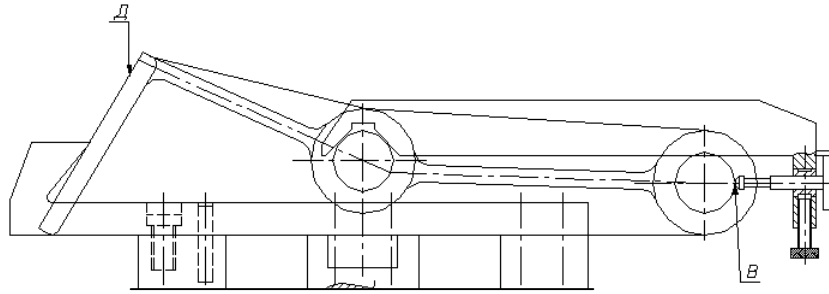


Рисунок 3.7 – Схема базування та закріплення деталі при вимірюванні

3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок на точність ведемо за формулою:

$$E_{np} = \sqrt{(E_{\delta}^2 + E_3^2 + E_{изн}^2 + E_{np}^2)} = \sqrt{0.01^2 + 0.005^2} = 0.011 \text{ мм} \quad (3.17)$$

$$E_{\sigma} = 0; \quad E_3 = 0; \quad E_{изн} = 0,01 \text{ мм [14].}$$

$$E_{np} = \Delta/2; \quad \Delta = 0,001 \text{ для індикаторної головки}$$

$$E_{np} = 0,001/2 = 0,0005 \text{ мм;}$$

Допустима точність пристрою:

$$E_{np}^{\text{дон}} = 0,3 T = 0,3 \cdot 0,04 = 0,012 \text{ мм;}$$

Допустима похибка пристрою більша тобто $0,012 > 0,011$, тому точність вимірювання збережена.

3.3.3 Принц роботи контрольного пристрою

Деталь при вимірюванні непаралельності осей отворів встановлюється на площину з кутниковим упором до якого притискається гвинтовим механізмом.

В отвори встановлюються скалки на які накладають у двох точках вимірювальну скобу з індикатором. По різниці відхилень стрілки індикатора роблять висновок про паралельність осей отворів.

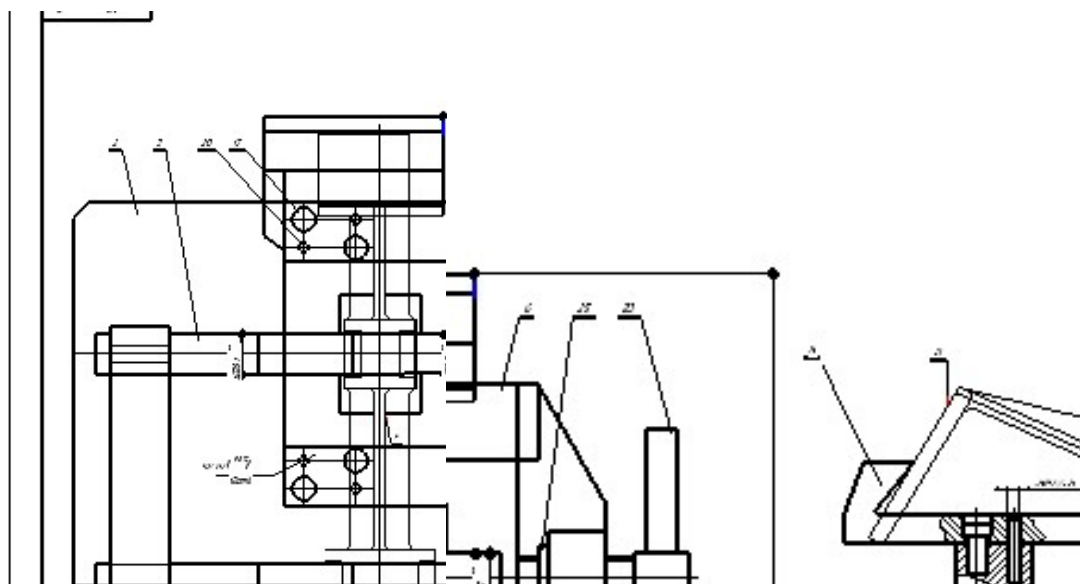


Рисунок 3.8 – Схема пристрою при вимірюванні

3.4 Висновки до розділу 3

У конструкторському розділі розроблено та розраховано верстатні пристрої для для зенкерування отворів та для свердлування отвору $\text{Ø}5$ мм.

Спроектовано контрольний пристрій для визначення непаралельності поверхонь отворів у деталі Кронштейн.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1 Аналіз конструкції деталі Кронштейн СМ.004.310 у середовищі SolidWorks в модулі Simulation

4.1.1 Принцип побудови об'єктів у SolidWorks

«Зазвичай в програмі SolidWorks створюються тривимірні об'єкти. Процес створення таких об'єктів відповідає певному алгоритму. Як правило, спочатку в шаблоні «Деталь» на площині будується двовимірний контур (ескіз в 2D), далі з ескізу створюється тривимірна деталь. Кожна тривимірна деталь зберігається в окремий файл. Набір таких деталей можна з'єднати у збірку в шаблоні «Збірка». Креслення створюються за допомогою шаблону «Креслення», причому в шаблон можуть експортуватись як деталі, так і збірки деталей.

Як правило, створення будь-якого об'єкту в SolidWorks починається зі створення ескізу.

Ескіз може бути двовимірний та тривимірний (для зварних конструкцій, лопатей гребних гвинтів, вітрогенераторів, тощо). Створення ескізу відбувається на певній площині або на плоскій грані деталі. Після вибору площини або грані необхідно вибрати одну з команд створення графічних примітивів (лінія, коло, прямокутник, тощо). Далі необхідно ескіз визначити відносно вихідної точки за допомогою простановки розмірів та створення взаємозв'язків (паралельність, перпендикулярність, дотичність та ін.) між елементами ескізу та базовою точкою. Необхідною ознакою вірно створеного ескізу є його визначеність, тобто ескіз має необхідну і достатню кількість розмірів і взаємозв'язків відносно вихідної точки (недовизначений ескіз має елементи, позначені синім кольором, повністю визначений контур ескізу має чорний колір)» [19].

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів

деталі Кронштейн СМ.004.310 на міцність та можливих переміщень елементів деталі при впливі робочих навантажень.

Для виконання аналізу конструкції деталі використовується програмне середовище SolidWorks.

«У середовищі SolidWorks і модулі моделювання користувачі можуть використовувати метод кінцевих елементів для виконання інженерних розрахунків і моделювання різних впливів робочих навантажень на виріб".[19] основні функції модуля моделювання наступні:

- Лінійний аналіз;
- Аналіз втоми металів;
- Нелінійний аналіз;
- Термічний аналіз;
- Частотний аналіз;
- Аналіз пластмасових і гумових виробів;
- Динамічний аналіз і т. п.

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.

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 Кронштейна СМ.004.310 створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

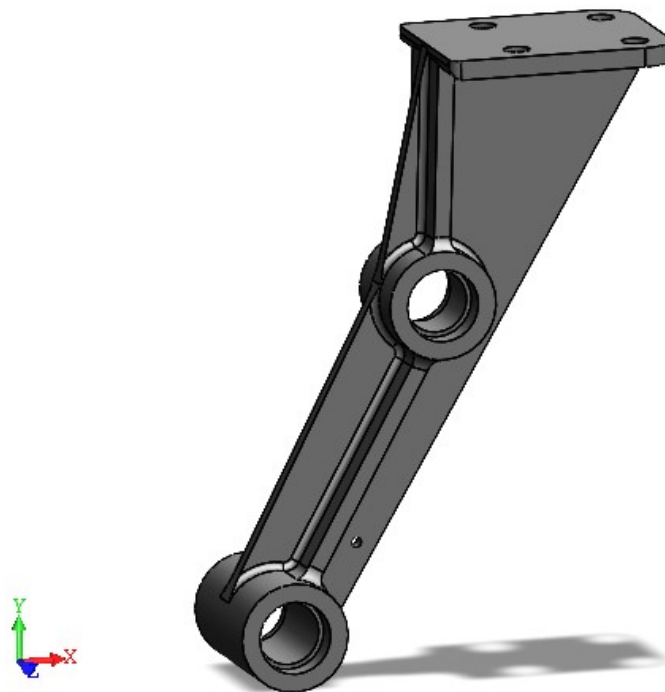


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі Кронштейн СМ.004.310

4.1.2 Розбиття моделі Кронштейна на скінчені елементи

«Користувач визначає параметри дискретизації – середній розмір скінченного елемента та, при необхідності, зони з більш мілкою сіткою. Крім

того, можливо дозволити системі самостійно керувати розмірами комірок у зонах із різкою зміною геометрії» [19].

У нашому випадку концентратором зусиль у Кронштейні СМ.004.310 будуть місця закріплення його болтами та місце отворів під вісі. Після успішного створення 3-D моделі з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого утворюється сіткова модель з тетраедрів, апроксимуючу тривимірну модель виробу. Схему сітки розбиття Кронштейна СМ.004.310 на скінченні елементи зображено на рис. 4.2.

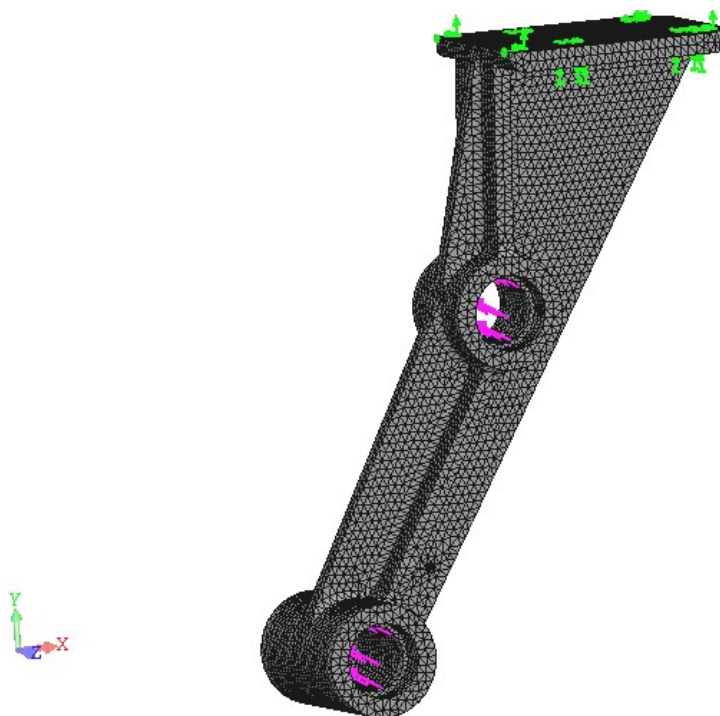


Рисунок 4.2 – Сітка деталі Кронштейн СМ.004.310, побудована методом кінцевих елементів

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

У SolidWorks analysis є 2 способи вказати матеріал для виконання аналізу. За замовчуванням при розрахунку використовуються властивості матеріалу "з

роботи". Призначення матеріалів для тривимірних моделей виконується з вікна властивостей операції або з бази даних матеріалів. Доступ до бази даних матеріалів.

Аналіз поточного завдання виконується за допомогою команди "аналіз-матеріал" або з контекстного меню дерева завдань, яке відображається у вікні "завдання» [19].

Призначимо для нашої моделі матеріал «чавун КЧ 33-8» з бази матеріалів SolidWorks.

Для визначення закріплень в SolidWorks Аналізі передбачені три команди: «Полное закрепление», «Частичное закрепление» і «Контакт».

«Команда «Анализ → Ограничение → Полное закрепление» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірного тіла повністю нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не міняє свого положення під дією прикладених до системи навантажень» [19].

Вкажемо нерухому грань моделі - в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – кріпильні отвори (рис. 4.2).

4.1.3 Визначення переміщень окремих поверхонь Кронштейна СМ.004.310

Навантаження буде прикладатиметься до внутрішніх поверхонь отворів деталі імітуючи дію згину кронштейна під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.3).

Кронштейн підтримує вали копіювального механізму в процесі роботи та працює на згин звідси і виникають робочі навантаження.

Після виконання необхідних операцій отримаємо зображення переміщення елементів деталі Кронштейн СМ.004.310 під дією робочих навантажень.

З рис. 4.3 визначасмо, що максимальні переміщення 0,0434 мм, що є в межах допустимої норми.

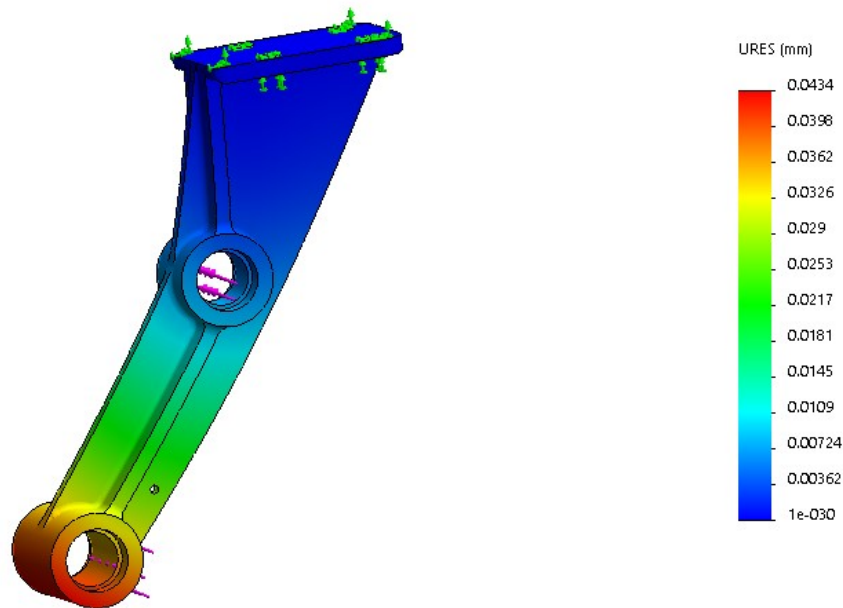


Рисунок 4.3 – Статичне переміщення елементів деталі Кронштейн СМ.004.310 під дією робочих навантажень

4.1.4 Методика розрахунків на міцність елементів Кронштейна

«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].

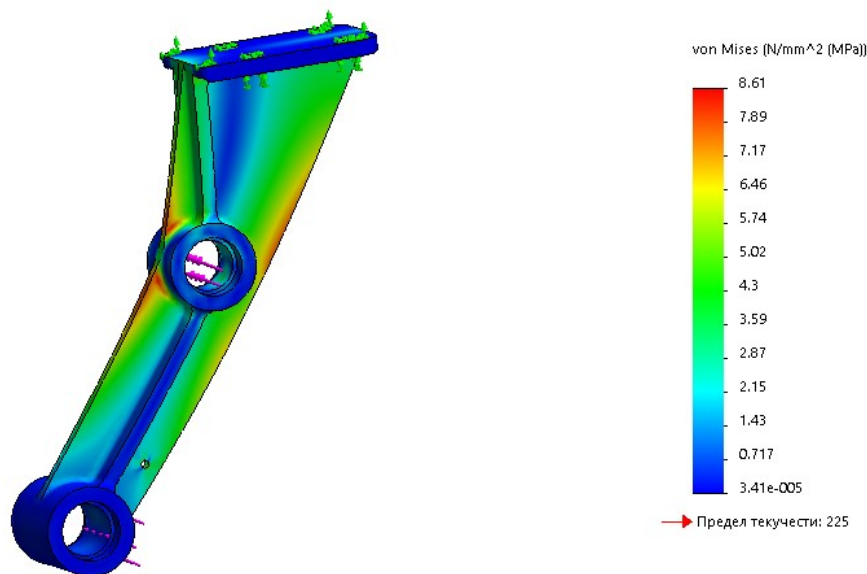


Рисунок 4.4 – Напруження в елементах деталі Кронштейн СМ.004.310

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис. 4.4. та деформацій рис. 4.5. Результати розрахунку відображаються в дереві задач. Виявлено з рис. 4.4 в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу 6,46 МПа,

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

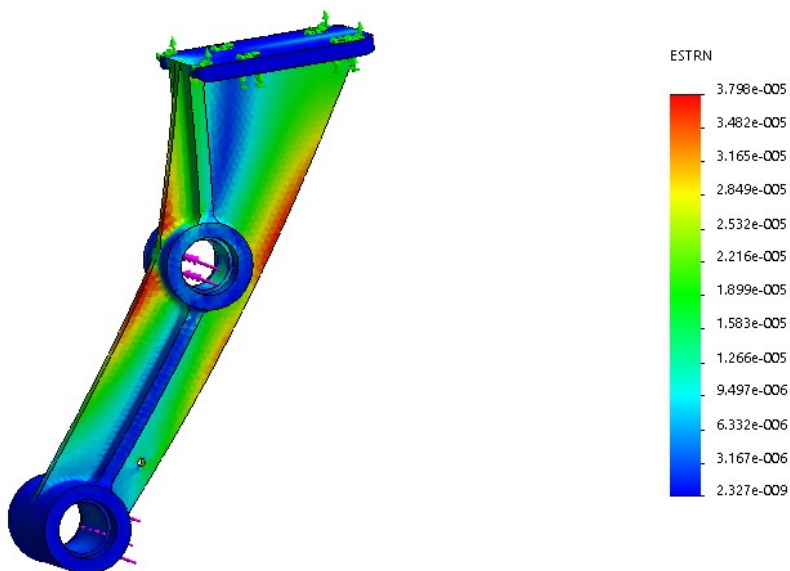


Рисунок 4.5 – Результати аналізу (деформація)

4.1.5 Висновки до розділу 4

Провівши аналіз конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні виявлено в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу 6,46 МПа, та максимальні переміщення 0,0434 мм, що є в межах допустимої норми.

Отже деталь Кронштейн СМ.004.310 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по зміні та збільшенню розмірів її окремих параметрів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз технологічного процесу з точки зору безпеки праці

«Технологічні процеси, що проектуються, є відносно традиційними для машинобудівної галузі. Вони складаються з процесу отримання заготовок, їх обробки на металорізальних верстатах, контролю дефектів, транспортування та зберігання.

Небезпека полягає у виділенні великої кількості металевого та абразивного пилу в повітря під час процесу шліфування. Пил, що виділяється в повітря, може потрапити в організм людини через стравохід або дихальні шляхи. У зоні обробки виділяється значна кількість тепла і можуть розлітатися гарячі частинки металу, які можуть бути небезпечними для очей і викликати незначні опіки при контакті зі шкірою через високу температуру останньої. Під час використання мастильно-охолоджувальної рідини можливе розбризкування рідини. Це небезпечно для зору оператора, а також може спричинити подразнення шкіри інших працівників. У той же час ЗОР запобігає розсіюванню пилу і дозволяє йому стікати разом з пилом. Це особливо важливо під час шліфування, коли зона різання насичена металевим і абразивним пилом.

При транспортуванні заготовок до зони обробки, залежно від виду транспорту, існує ризик травмування через недбалість персоналу, забруднення навколишнього середовища від самого транспортного обладнання або від використання непрацюючого чи вживаного обладнання. Небезпечні викиди включають вихлопні гази від двигунів внутрішнього згорання та витік електроліту з акумуляторів. Небезпечним є також використання вживаних кабелів і редукторів, термін експлуатації яких закінчився. Існує також ризик ураження електричним струмом від машин з електричним приводом. Необхідно ретельно вивчити технічні характеристики та умови експлуатації транспортного засобу і дотримуватися їх» [18].

«Стружка утворюється під час різання сталевих деталей на токарному верстаті за допомогою різця. Цей тип стружки характеризується гострими краями, великою довжиною і складністю видалення із зони різання. Тому на токарному верстаті повинні бути встановлені стружколами, які подрібнюють стружку і полегшують її видалення із зони різання.

При використанні ЗОР існує ризик розбризкування. Це небезпечно для очей оператора, а також може викликати подразнення шкіри у оточуючих працівників. У той же час ЗОР запобігає розсіюванню пилу, змушуючи пил текти. Це явище поширене під час шліфування, коли зона різання насичується металевим і абразивним пилом, і є дуже небезпечним.

Під час усіх операцій на верстаті зона різання є небезпечною, тому необхідно дотримуватися інструкцій з експлуатації конкретного типу обладнання. Рухомі частини верстата або пристрої, що використовуються для фіксації інструментів або деталей, можуть бути небезпечними» [18].

«Всі машини живляться від електромережі і тому становлять ризик ураження оператора електричним струмом. Важливо, щоб на верстаті було передбачено захисне заземлення.

Під час свердлильних робіт затискні пристрої заготовки приводяться в дію пневматично, тому короткочасне припинення подачі стисненого повітря може призвести до від'єднання заготовки, що може стати причиною травми або нещасного випадку. Щоб запобігти цьому, необхідно передбачити пристрої безпеки, які захищають оператора і попереджають про небезпеку.

Як правило, спроектовані процеси здійснюються без використання високотоксичних, вибухонебезпечних або інших рідин, які можуть бути небезпечними для здоров'я людини. Більшість ситуацій, які можуть становити небезпеку для здоров'я та безпеки працівників, можна запобігти, експлуатуючи обладнання та дотримуючись правил охорони праці. Також одним з напрямом захисту від небезпечних факторів є захист від вібрацій обладнання» [18].

5.2 Захист від вібрації

«Вібрація це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. Для людини вібрація є видом механічного впливу, який має негативні наслідки для організму.

Причиною появи вібрації є неврівноважені сили та ударні процеси в діючих механізмах. Створення високопродуктивних потужних машин і швидкісних транспортних засобів при одночасному зниженні їх матеріалоемності неминуче призводить до збільшення інтенсивності і розширення спектру вібраційних та віброакустичних полів.

Цьому сприяє також широке використання в промисловості і будівництві високоефективних механізмів вібраційної та віброударної дії» [18].

«Дія вібрації може приводити до трансформування внутрішньої структури і поверхневих шарів матеріалів, зміни умов тертя і зносу на контактних поверхнях деталей машин, нагрівання конструкцій. Через вібрацію збільшуються динамічні навантаження в елементах конструкцій, стиках і сполученнях, знижується несуча здатність деталей, ініціюються тріщини, виникає руйнування обладнання. Усе це приводить до зниження строку служби устаткування, зростання імовірності аварійних ситуацій і зростання економічних витрат. Вважають, що 80% аварій в машинах і механізмах здійснюється внаслідок вібрації.

Крім того, коливання конструкцій часто є джерелом небажаного шуму. Захист від вібрації є складною і багатоплановою в науково-технічному та важливою у соціально-економічному відношеннях проблемою нашого суспільства.

Дія вібрації визначається інтенсивністю коливань, їх спектральним складом, тривалістю впливу та напрямком дії. Показниками інтенсивності є середньоквадратичні або амплітудні значення віброприскорення, віброшвидкості, віброзміщення» [18].

«За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну (місцеву) вібрацію. Загальна вібрація та, що викликає коливання всього організму, а місцева (локальна) – втягує в коливальні рухи лише окремі частини тіла (руки, ноги).

Локальна вібрація, що діє на руки людини, утворюється багатьма ручними машинами та механізованим інструментом, при керуванні засобами транспорту та машинами, при будівельних та монтажних роботах.

Загальну вібрацію за джерелом виникнення поділяють на такі категорії: Категорія 1 – транспортна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях самохідних та причіпних машин, транспортних засобів під час руху по місцевості, агрофонах і дорогах (в тому числі при їх будівництві).

Категорія 2 – транспортно-технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях машин з обмеженою рухливістю та таких, що рухаються тільки по спеціально підготовленим поверхням виробничих приміщень, промислових майданчиків та гірничих виробок.

До джерел транспортної вібрації відносять, наприклад, трактори сільськогосподарські та промислові, самохідні сільськогосподарські машини; автомобілі вантажні (в тому числі тягачі, скрепери, грейдери, котки та ін.); снігоприбирачі, самохідний гірничошахтний рейковий транспорт.

До джерел транспортно-технологічної вібрації відносять, наприклад, екскаватори (в тому числі роторні), крани промислові та будівельні, машини для завантаження мартенівських печей (завалочні), гірничі комбайни, самохідні бурильні каретки, шляхові машини, бетоноукладачі, транспорт виробничих приміщень.

Категорія 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації»[18].

«До джерел технологічної вібрації відносяться, наприклад, верстати таметало-деревообробне, пресувально-ковальське обладнання, ливарні машини, електричні машини, окремі стаціонарні електричні установки, насосні агрегати

та вентилятори, обладнання для буріння свердловин, бурові верстати, машини для тваринництва, очищення та сортування зерна (у тому числі сушарні), обладнання промисловості будматеріалів (крім бетоноукладачів), установки хімічної та нафтохімічної промисловості і т. ін.

Загальну технологічну вібрацію за місцем дії поділяють на такі типи:

- а) на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств;
- б) на робочих місцях складів, їдалень, побутових, чергових та інших виробничих приміщень, де немає джерел вібрації
- в) на робочих місцях заводоуправлінь, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат та інших приміщень для працівників розумової праці «[18].

«За джерелом виникнення локальну вібрацію поділяють на таку, що передається від:

- ручних машин або ручного механізованого інструменту, органів керування машинами та устаткуванням;
- ручних інструментів без двигунів (наприклад, рихтувальні молотки) та деталей, які оброблюються.

Вплив вібрації на людину залежить від її спектрального складу, напрямку дії, прикладення, тривалості впливу, а також від індивідуальних особливостей людини.

При оцінці вібраційного впливу потрібно враховувати, що коливальні процеси притаманні живому організму. В основі серцевої діяльності і кровообігу та біоіструмів мозку лежать ритмічні коливання.

Внутрішні органи людини можна розглядати як коливальні системи зпружними зв'язками. Частоти їх власних коливань лежать у діапазоні

3...6 Гц. Частоти власних коливань плечового пояса, стегон і голови щодо опорної поверхні (положення стоячи) складають 4...6 Гц, голови щодо пліч (положення сидячи) 25...30 Гц.» [18].

«При впливі на людину зовнішніх коливань (хитавиці, струсів, вібрації) відбувається їхня взаємодія з внутрішніми хвильовими процесами, виникнення резонансних явищ. Так, зовнішні коливання частотою менш 0,7 Гц утворюють хитавицю і порушують у людини нормальну діяльність вестибулярного апарата. Інфразвукові коливання (менш 16 Гц), впливаючи на людину, пригнічують центральну нервову систему, викликаючи почуття тривоги, страху. За певної інтенсивності на частоті 6...7 Гц інфразвукові коливання, втягуючи у резонанс внутрішні органи і систему кровообігу, здатні викликати травми, розриви артерій, тощо.

Вібрація, що діє на людину, має широкий діапазон – від десятих часток до декількох тисяч Гц. Характерними рисами шкідливого впливу вібрації на людину є можливі зміни у функціональному стані: підвищена втома, збільшення часу моторної реакції, порушення вестибулярної реакції. Медичними дослідженнями встановлено, що вібрація є подразником периферичних нервових закінчень, розташованих на ділянках тіла людини, що сприймають зовнішні коливання» [18].

«Адекватним фізичним критерієм оцінки її впливу на організм людини є коливальна енергія, що виникає на поверхні контакту, а також енергія, поглинена тканинами і передана опорно-руховому апарату й іншим органам. У результаті впливу вібрації виникають нервово-судинні розлади, ураження кістково-суглобної й інших систем організму. Відзначаються, наприклад, зміни функції щитовидної залози, сечостатевої системи, шлунково-кишкового тракту.

Так, медичні дослідження показали, що у працюючих в умовах вібрації відбуваються значні зміни кістково-суглобної системи, які виражаються у функціональній перебудові кісткової тканини, регіональному остеопорозі, кистоподібних утвореннях у кістках, хронічних переломах. Відзначається, що терміни виникнень змін у кістках у працівників вібраційних професій коливається в межах від 6–8 місяців до 2–5 років» [18].

«Шкідливість вібрації збільшується при одночасному впливі на людину таких факторів, як знижена температура, підвищені рівні шуму, запиленість повітря, тривала статична напруга м'язів і т. ін.

Сучасна медицина розглядає виробничу вібрацію як значний стрес - фактор, що має негативний вплив на психомоторну працездатність, емоційну сферу і розумову діяльність людини, що підвищує ймовірність виникнення різних захворювань і нещасних випадків. Особливо небезпечний тривалий вплив вібрації для жіночого організму. Цей широкий комплекс патологічних відхилень, викликаний впливом вібрації на організм людини, кваліфікується як віброзахворювання.

Дослідження показали, що вібраційна хвороба може тривалий час протікати компенсовано, коли хворі зберігають працездатність, не звертаються за лікарською допомогою. З часом систематичний вплив вібрації обумовлює загострення хвороби, яка може мати три стадії (ступеня) тяжкості. Відзначається, що ефективне лікування віброзахворювання можливе лише на ранніх стадіях. Відновлення порушених функцій протікає дуже повільно, а в окремих випадках настають необоротні зміни, що приводять до інвалідності. Таким чином, вібрація має значний вплив як на працездатність людини, так і на стан її здоров'я. Серед професійних патологій вібраційна хвороба займає одне з перших місць» [18].

5.3 Методи захисту від вібрацій

«Заходи, щодо захисту від дії вібрації поділяють на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні. Також вони можуть бути розподілені як колективні та індивідуальні.

До технічних заходів відносять:

- зниження вібрації в джерелі її виникнення (вибір на стадії проектування кінематичних і технологічних схем, які знижують динамічні навантаження в устаткуванні);

- зниження діючої вібрації на шляху розповсюдження від джерела виникнення (вібропоглинання, віброгасіння, віброізоляція) ;

Для зниження дії вібрації на обладнання та людину широко використовують метод віброізоляції – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, яке послаблює передавання вібрації об'єкту, що підлягає захисту. Для віброізоляції машин з вертикальною збуджуючою силою використовують віброізолюючі опори у вигляді пружин, пружних прокладок (наприклад, гума) та їх комбінації (рис. 2.15)» [18].

спільно використовують віброізолюючі опори у вигляді пружин, пружних прокладок (наприклад, гума) та їх комбінації

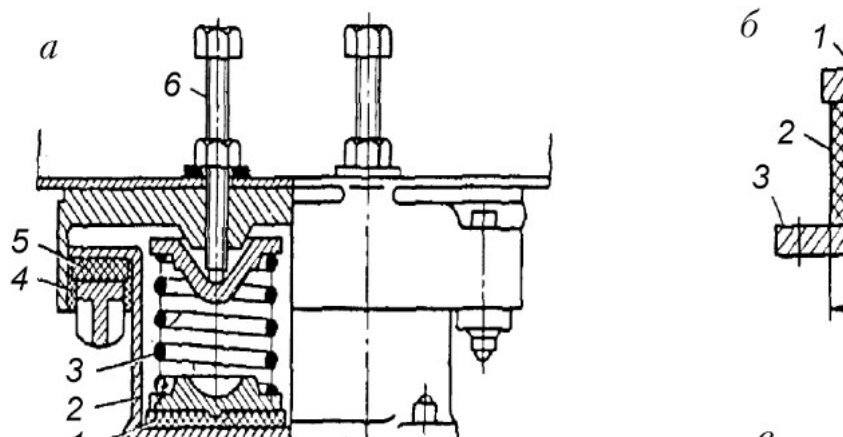


Рис. 2.15. Конструкції віброізоляторів для механічного устаткування

«Основною частиною ізолятора (рис. 2.15, а) є пружина 3, що спирається на гумову прокладку 1. Пружина і прокладка розміщені у металевому стакані 2. Для запобігання ударам за дуже великої амплітуди коливань передбачені обмежувачі 4 і 5. Гумове кільце 4 запобігає також ударам металу об метал при бокових вібраціях. Опірня конструкція 7 використовується для кріплення віброізолятора до основи. Установка, що ізолюється, кріпиться до ізолятора за допомогою болта 6. Пружина 3 слугує для ізоляції коливань низьких частот, а гумова прокладка 1 – високих. Крім того, ця прокладка внаслідок великих внутрішніх втрат у гумі збільшує тертя» [18].

«Досить простий за конструкцією віброізолятор (рис. 2.15, б), що являє собою гумовий брусок 2, розміщений між металевими пластинами 1 та 3, які можуть бути приклеєні до бруска. Висоту H вибирають за величиною потрібного статичного стиску з урахуванням забезпечення стійкості та міцності гумового бруска, а розмір l , визначають виходячи з допустимого навантаження на один віброізолятор. В міру збільшення розміру l порівняно з H швидко зростає жорсткість віброізолятора, тому що при деформації обсяг гуми майже не змінюється, і необхідно забезпечити її бокове розширення при повздовжньому стисканні. З тієї ж причини неефективні віброізолятори, які складаються з суцільних тонких гумових листів. Замість них краще використовувати гумові килимки з гофрованої гуми, що випускаються промисловістю.

Гумові та гумово-металеві віброізолятори мають багато модифікацій, де використовується властивість гуми добре приклеюватися при вулканізації до металу.

На рис. 2.15, в, зображено чашковий віброізолятор, якій складається із гумової втулки 1, укріпленої на металевому держаку 2. Цей віброізолятор використовують у приладах» [18].

«Перевагами гумових віброізоляторів є простота конструкції та невисока вартість, а недоліками – швидке старіння гуми, руйнування її нафтопродуктами, важкість конструювання для ізоляції від низькочастотних вібрацій.

У ряді випадків добрий ефект дає застосування пневматичних або гідравлічних віброізоляторів.

Ефективність віброізоляції залежить від відношення частоти збудження (f) та власної частоти (f_0) коливань системи.

У випадках, коли технічними засобами не вдається зменшити рівень вібрацій до норми, передбачають забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) можуть застосовуватися як для всього тіла людини, так і окремо для ніг та рук» [18].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. 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 по виплавлюваним моделям.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатних пристроїв для свердлування та зенкерування. Для виконання технічних вимог на деталь та забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

Поведінка структурних параметрів «Кронштейн СМ.004.310», при експлуатаційному навантаженні була проаналізована за допомогою програмного продукту SolidWorks, і максимальне напруження по Мізесу 6,46 МПа, і максимальне переміщення і 0,0434 мм, відповідно, на деяких ділянках знаходилися в допустимих межах.

В розділі охорони праці приведено методи захисту від вібрацій

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн СМ.004.310», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С. С., Малафеев 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.

ДОДАТКИ