

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти бакалавра

Технологія виготовлення деталі «коромисло клапана ЧТЗ 14.04.СК-112» з
використанням веретатів з ЧПК

Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація Технології машинобудування
Назва

Освітня програма Технології машинобудування
Назва

Шифр ДП.ІМ.ФІГА.24.21.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ІМТе-
21-2

Шифр


Підпис

Сергій СУЧОК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н.
доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології
машинобудування

Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 20.06.2024

Хмельницький 2024

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

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13

Спеціальність 131 Прикладна механіка Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування Шифр і назва

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
1 03 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
Сучок Сергій Сергійович

1. Тема роботи (проєкту) Технологія виготовлення деталі «коромисло клапана МТЗ 14.04.СК-112» з використанням верстатів з ЧПК

Керівник роботи (проєкту) Соколан Катерина Станіславівна, к.т.н., доцент

Примітка: це ж є найбільш повною інформацією, якою володіє

Затверджена наказом ректора від 15 лютого 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 1.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Об'єм літературних джерел: Креслення деталі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Загальний розділ, Технологічний розділ, Конструкторський розділ, Розділ охорони праці, Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням основ'язкових креслень) 1 Креслення деталі – 1 лист А1; 2 Креслення заготовки – 1 лист А1; 3 Графотехнологія – 1 лист А1; 4 Етапи створення керуючої програми для верстата з ЧПК – 1 лист А1; 5 Складальний креслення верстатного пристрою – 1 лист А1; 6 – Складальний креслення контрольного пристрою – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Соколан К.С., к.т.н., доцент		
II	Соколан К.С., к.т.н., доцент		
III	Соколан К.С., к.т.н., доцент		
IV	Соколан К.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 23.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Розділ I	1.03.2024 р.	
2	Розділ II	1.04.2024 р.	
3	Розділ III	1.05.2024 р.	
4	Розділ IV	1.06.2024 р.	

Студент

Сергій СУЧОК
п.п. керує

Керівник роботи (проєкту)

Катерина СОКОЛАН

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технології машинобудування

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 «Технологія виготовлення деталі «коромисло клапана ЧТЗ 14.04.СК-112» з використанням верстатів з ЧПК»

Автор С.С. Сучок

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: К.С. Соколан

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.	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 укрити запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

...UNICHECK – 8,54%.....

...Anti-Plagiarism v-15.257 – 11 %.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Володимир МИЛЬКО

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Катерина СОКОЛАН

Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

Вікторія ПКАЧУК

здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»

Сергій СУЧКА

ФІТА.Ф.ПМТс-27-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й 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 (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного 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 надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

10.06.2024

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу студента Сучок С.С.
Тема кваліфікаційної роботи: Технологія виготовлення деталі «коромисло
клапана ЧТЗ 14.04.СК-112» з використанням верстатів з ЧПК

Тема кваліфікаційної роботи, її зміст відповідають обраній спеціальності. Кваліфікаційна робота має необхідні розділи згідно завдання.

В роботі студент проаналізував конструкцію заданої деталі, базовий (заводський) технологічний процес її виготовлення, технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення коромисла клапана з використанням сучасного металорізального устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, призначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

За допомогою САМ – пакету Autodesk Fusion створено програму оброблення 5-ти осьовому оброблювальному центр AVIA X-5 1300/630.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз безпечності та екологічності експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК, розглянуто питання пожежної безпеки при експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК. Також запропоновано заходи забезпечення екологічної безпеки фрезерної дільниці.

Кресленики графічної частини проекту виконані з дотриманням вимог ЕСКД, при цьому широко використані комп'ютерні технології при оформленні креслеників.

Пояснювальна записка виконана акуратно, з дотриманням вимог ЕСКД.

В якості зауважень, можна вказати на те, що свердловальні операції, які присутні в технологічному процесі механічного оброблення деталі «коромисло клапана», можна було б також виконати на 5-ти осьовому оброблювальному центр AVIA X-5 1300/630.

В цілому кваліфікаційна робота, виконана на хорошому інженерному рівні. Дипломна робота заслуговує оцінки «добре»

РЕЦЕНЗЕНТ Машовець Наталія Сергіївна, доц. р.о.р.н.ч.

(прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи)

"...17... червня..... 2024 р.

С.С.С. (підпис)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Сучок Сергій Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Коромисло клапана ЧТЗ 14.04.СК-112» з використанням верстатів з ЧПК

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

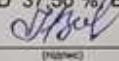
Декан факультету


ВІКТОР ОЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Сучок С. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 25,64 %, задовільно 74,36 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 21,43 %, D 37,50 %, E 41,07 %.

Методист факультету


(ім'я, прізвище)


ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Сергій Сергійович отримав завдання на дипломний проєкт вчасно, працював згідно графіка. Під час роботи над проєктом показав величезні зусилля та інтелектуальні здатності.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

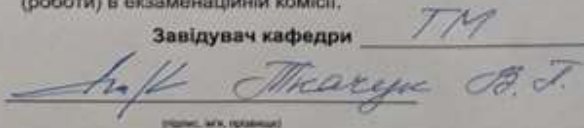
добре

Сохоман К.С.
(ім'я, прізвище)

20. серпня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

ТМ

Ткачук В.Т.
(ім'я, прізвище)

20. 06 2024 р.

РЕФЕРАТ

У роботі розроблено технологічний процес оброблення деталі «коромисло клапана ЧТЗ 14.04.СК-112».

В пояснювальній записці надано аналіз базового (заводського) технологічного процесу механічного оброблення деталі «коромисло клапана ЧТЗ 14.04.СК-112». Результатом аналізу став оновлений, удосконалений технологічний процес заданої деталі, який базується на використанні верстатів з ЧПК.

Для сучасного технологічного процесу було запропоновано та спроектовано верстатний пристрій та контрольний пристрій.

Були проаналізовані основні технології виготовлення заготовки та механічного оброблення, запропоновано удосконалений технологічний процес, який усуває недоліки базової версії. Запропоновано використання сучасного металообробного обладнання, що дозволяє виготовляти деталь з урахуванням вимог до актуальної собівартості в сучасних економічних умовах. Було розраховано і спроектовано верстатний пристрій.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз безпечності та екологічності експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК, розглянуто питання пожежної безпеки при експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК. Також запропоновано заходи забезпечення екологічної безпеки фрезерної ділянки.

Дипломний проєкт складається із розрахунково-пояснювальної записки на 55 сторінках друкованого тексту та 6-и листах формату А1 графічної частини.

Ключові слова: деталь коромисло клапана, верстат з ЧПК, різальний інструмент, пристрій, технологічний процес.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

- 1.1 Стан питання та постановка задачі
- 1.2 Аналіз об'єкта виробництва
- 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі
- 1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу
- 2.2 Вибір виду і обґрунтування методу отримання заготовки
- 2.3 Вибір технологічних баз
- 2.4 Розробка технологічних операцій
- 2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку
- 2.6 Вибір режимів різання
- 2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій
- 2.8 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК
- 2.9 Використання САПР Autodesk Fusion для проектування деталей сільськогосподарської техніки

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

- 3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при шліфування бойка коромисла
- 3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

ОХОРОНА ПРАЦІ

- 4.1. Безпечність та екологічність експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК
- 4.2 Пожежна безпека при експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК
- 4.3 Забезпечення екологічної безпеки фрезерної дільниці

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Вступ

Задачі успішної та раціональної організації виробництва, коли враховані сучасні вимоги до верстатів із врахуванням світового досвіду розвитку верстатобудування та сучасного виробництва різального інструменту, а також розвиток машинобудування на базі автоматизації виробничих процесів пов'язане з рівнем технологічної оснащеності, що призводить до зменшення строків підготовки виробництва.

Оброблення з використанням верстатів з ЧПК забезпечує високошвидкісне виробництво з повною автоматизацією і надвисокою точністю. Незліченні переваги процесу оброблення з ЧПК зробили його застосовним у виробничих галузях усіх секторів.

Найважливішою перевагою використання в процесі механічного оброблення деталей верстатів з ЧПК є здатність працювати в режимі 24/7 без зупинки. Безпрецедентно високий рівень продуктивності металообробних верстатів із програмним керуванням зумовлюється не тільки зменшенням кількості простоїв, а й можливістю точного розрахунку періоду оброблення та збільшення завантаження обладнання. Параметри заготовки та інструменту, повідомлені керуючій програмі, дають змогу виключити етап розмітки з циклу. Усі операції на верстатах з ЧПК можуть виконуватися з однієї бази, з'являється можливість відмовитися від перевстановлення заготовки в процесі оброблення. Це позитивно впливає і на продуктивність, і на точність оброблення. На ручному обладнанні відсутня можливість повторюваності подібної операції або поєднання токарної та фрезерної операції. Крім того, використання верстатів з ЧПК дає змогу зменшити завантаження робочого персоналу. Всього одна людина зможе обслуговувати 2 і більше верстатів з ЧПК залежно від завантаження. Також один верстат з ЧПК замінює 2 і більше універсальних верстатів, що дає змогу скоротити штат робочих місць, займану площу виробництва, споживання електроенергії та зменшити витрати іншими способами.

Під час використання універсального обладнання деколи доводиться вдаватися до застосування фасонного інструменту під час виконання складної геометрії деталей, а на верстатах з ЧПК достатньо всього одного інструменту (різця або фрези). Це набагато ефективніше, продуктивніше і дешевше.

Для верстатів на ручному управлінні залежно від цілей виробництва часто стає необхідним придбання додаткового оснащення, а на верстатах з ЧПК все вже вбудовано і додаткове оснащення не потрібне.

На верстатах з ЧПК в більшості випадків робота здійснюється в повністю закритій зоні з додатковими датчиками на дверцятах. Це виключає можливість перебування співробітника в зоні оброблення, тому ризик травмування персоналу зводиться до мінімуму.

Вище перераховані фактори обґрунтовують тему та зміст дипломної роботи. При дипломному проектуванні велику увагу приділяють розробленню технологічного процесу механічного оброблення деталі з використанням верстатів з ЧПК, сучасного технологічного оснащення та сучасного різального інструменту.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задачі

Розроблення дипломної роботи бакалавра є завершальним етапом навчання та має велике значення в загальному циклі підготовки інженерів механіків.

Під час виконання дипломної роботи необхідно самостійно вирішувати комплекс інженерних задач, виконання роботи показує знання різних технічних дисциплін та здатність до аналізу і вирішенню конструкторських й технологічних задач.

Враховуючи реалії сьогодення, коли відбувається перехід від великих підприємств до малих, на яких проводиться виготовлення продукції з невеликою програмою випуску та частими перебудовами на випуск іншої продукції, є необхідність фахівців, які можуть працювати в умовах одиничного та малосерійного виробництва.

Основним завданням дипломної роботи є вдосконалення практичних навичок студентів під час розв'язання різноманітних інженерних задач на базі знань, отриманих під час вивчення загальноінженерних і спеціальних дисциплін.

Виконання дипломної роботи дає змогу перевірити вміння студента застосовувати отримані ним знання при вирішенні конкретних виробничих завдань із розроблення прогресивних технологічних процесів, заснованих на останніх досягненнях науки і техніки.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Коромисло клапана входить в механізм газорозподілення двигуна трактора. В ньому паливо згоряє в середині робочого циліндра і енергія, яка отримується при цьому, сприймається поршнем, що рухається в циліндрі.

Такий тип двигуна відноситься до дизельних, тобто із внутрішнім змішоутворенням і згорянням суміші від стискання. Дизелі працюють на важкому рідкому паливі (дизельному паливі). В даному двигуні суміш утворюється в середині робочого циліндра з повітря та палива, котрі поступають в циліндр окремо.

Газорозподільний механізм необхідний для своєчасного впуску в циліндр двигуна паливної суміші або повітря та випуску відпрацьованих газів. Газорозподільні органи повинні забезпечувати добру очистку та наповнення циліндра при високій надійності в роботі.

Досконалість очистки та наповнення циліндра залежить, головним чином, від величини прохідного перетину газорозподільних органів і тривалості їх відкриття. Збільшення прохідного перетину, зазвичай, обмежено розмірами циліндра, а час відкривання газорозподільних органів залежить від частоти обертання вала.

В газорозподільному механізмі коромисла призначені для зміни напрямку руху, який передається штангою. Маса деталі становить 0,201 кг. Коромисло виготовляється із сталі 40Л, в нього запресовується бронзова втулка, що служить для зменшення тертя між валиком і коромислом.

Маркування сталі 40Л згідно до ДСТУ EN 10027-1: G40 (ДСТУ 8781:2018).

Для регулювання теплового зазору на короткому плечі коромисла встановлено болт.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь “коромисло” має складну конфігурацію, що ускладнює отримання заготовки простими методами, але коромисло виготовляється із матеріалу з добрими технологічними властивостями – сталь 45Л. Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 40Л наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сталі 40Л ДСТУ 8781:2018

Марка	R_e	R_m	δ , %	α , $\frac{кгс \cdot м}{см^2}$	Відносне звуження, %	Твердість НВ, не менше
	МПа					
40Л	260	530	19	7	41	140

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 40Л ДСТУ 8781:2018

C	Si	Mn	Cr	P	S
				Не більше	
0,40-0,50	0,15-0,35	0,50-0,80	0,22	0,03	0,035

Сталь 40Л ДСТУ 8781:2018 за своїм хімічним складом і фізико-механічними властивостями підходить для виготовлення деталі і повністю задовольняє всі вимоги, вказані на кресленіку, тому марку сталі немає необхідності замінювати іншою. Матеріал допускає одержання заготовки методом лиття по випалювальним та виплавлюваним моделям.

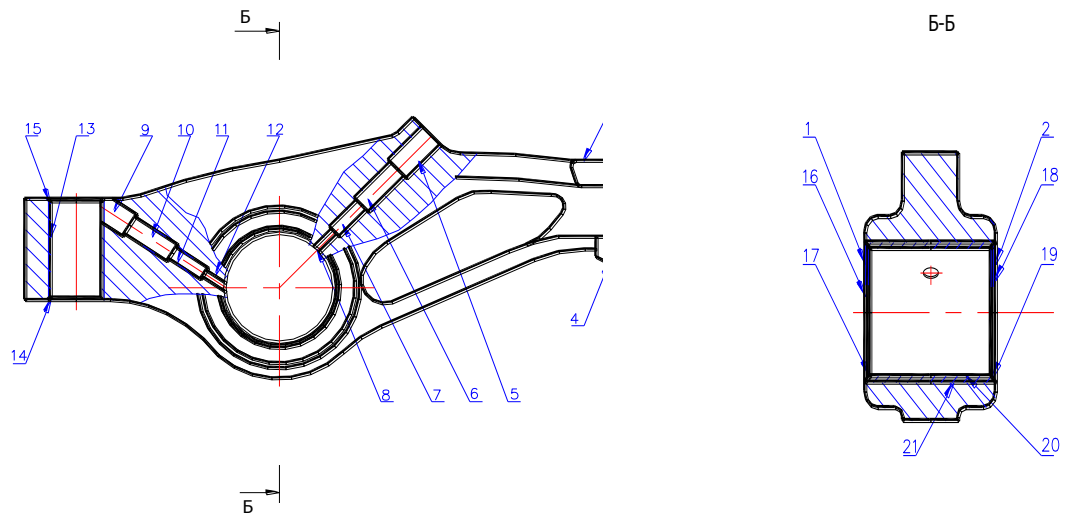


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі з позначенням поверхонь

Таблиця 1.3 – Точність оброблення та чистота поверхонь

Номер поверхні	Найменування поверхні	Квалітет точності IT	Допуск, мм	Параметр шорсткості Ra
1, 2	Торцеві поверхні	14	-0,33	1,6
3	Зовнішня поверхня	12	-0,28	3,2
4	Поверхня бійка після шліфування	10	-0,28	0,63
5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	Ступінчасті отвори під масло канавки	14	$\pm 0,5$	6,3
13	Різьба	6	+0,015 +0,028	1,6
14, 15	Фаски	12	$\pm 0,1$	6,3
16, 18	Фаски	12	$\pm 0,1$	6,3
17, 19	Фаски	12	$\pm 0,1$	6,3
20	Внутрішня циліндрична поверхня	8	+0,021	1,6
21	Внутрішня циліндрична поверхня після розточування	8	+0,053 +0,020	1,25

Більшу частину поверхонь деталі можна обробляти стандартними ріжучими інструментами. Однак для отримання отвору $\varnothing 22F8$ та обробки бойка коромисла необхідно використовувати спеціальний інструмент (протяжку) та спеціальні пристрої.

Для покращення зносостійкості використовується місцеве гартування ТВЧ. Для виготовлення заготовки використовується точний, але трудомісткий та дорогий метод – литво по випалювальним моделям. Для виключення механічної обробки торців коромисла можна використати чеканку.

Можливість використання точних заготовок зменшує припуски на обробку, а також їхній об'єм.

Позитивним є і те, що для обробки деталі не потрібно створювати додаткові базові поверхні. Більшість поверхонь деталі можна обробити, базуючи заготовку по отвору $\varnothing 32$ та по торцю деталі. Для встановлення заготовок на більшості операціях можна використовувати спеціальні механізовані багатомісні пристрої.

Високу чистоту поверхні бойка Ra 0,63 можна отримати методом фасонного шліфування, при цьому шліфувальний круг необхідно багаторазово правити алмазним олівцем.

Коромисло має жорстку конструкцію завдяки ребрам жорсткості, що знаходяться на плечах важелів. Це дозволяє вести обробку на високих подачах.

Найбільш трудомісткими є утворення глибоких отворів (маслоканавок) діаметром 4,5 мм, вісі яких розташовані під кутом до установочних баз. Крім цього, для уникнення відхилення осі свердла, на поверхні, що обробляється, необхідно зробити нахилу площадку. Обробку цих маслоканавок необхідно вести за декілька переходів, поступово зменшуючи діаметр свердел від 4,5 до 2,5 мм.

1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Згідно відомої методики попереднього визначення типу виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{P},$$

де $\sum O$ - сумарне число операцій;

P - число робочих місць.

для масового типу виробництва $K_{з.о.} \leq 1$; для крупносерійного - $1 < K_{з.о.} \leq 10$; для середньосерійного - $10 < K_{з.о.} \leq 20$; для дрібносерійного - $20 < K_{з.о.} \leq 40$

Коефіцієнт закріплення операцій визначаємо на основі рекомендацій.

Кількість операцій, що виконуються на одному верстаті протягом місяця визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ум.к.}}{60 \cdot F_{\phi} \cdot \eta_3},$$

де $T_{ум.к.}$ - штучно – калькуляційний час, визначаємо за наближеними нормативами;

$\eta_{з.н.}$ - запланований нормативний коефіцієнт завантаження обладнання,

$\eta_{з.н.} = 0,85$;

F_{ϕ} - дійсний річний фонд робочого часу;

N - річна програма випуску заданої деталі.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P},$$

де P - прийнята кількість робочих місць.

Кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Орієнтовний технологічний процес виготовлення деталі та результати розрахунків для зручності представимо в вигляді таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Зведена таблиця розрахунку кількості операцій

№	Назва операції	$T_{шт.к.}$ хв	m_p	P	η_ϕ	O
1.	Калібрувальна	0,253	0,021	1	0,021	40,5
2.	Чеканочна	0,171	0,014	1	0,014	60,7
3.	Горизонтально - протяжна	0,161	0,023	1	0,023	37
4.	Свердлувальна	0,363	0,012	1	0,012	70,8
5.	Вертикально - протяжна	0,183	0,024	1	0,024	35,4
6.	Вертикально - протяжна	0,185	0,025	1	0,025	34
7.	Плоскошліфувальна	0,197	0,021	1	0,021	40,5
8.	Плоскошліфувальна	0,23	0,023	1	0,023	37
9.	Пресова	0,193	0,016	1	0,016	53,1
10.	Свердлувальна	0,363	0,012	1	0,012	70,8
11.	Свердлувальна	0,524	0,068	1	0,068	12,5
12.	Розточна	0,282	0,022	1	0,022	38,6
13.	Свердлувальна	0,828	0,033	1	0,033	25,7
14.	Свердлувальна	0,215	0,011	1	0,011	77,3
	Свердлувальна	0,301	0,012	1	0,012	70,8
Σ		4,363	0,337	15	0,337	704,7
	Середнє значення	0,291	0,022	1	0,022	47

На підставі отриманих результатів коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{704,7}{15} = 47.$$

Таким чином отримуємо тип виробництва – великосерійний.

Кількість деталей в настроєчній партії для одночасного запуску визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{17000 \cdot 8}{254} = 535 \text{ шт,}$$

де a - періодичність запуску в днях, приймаємо $a = 8$ днів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу.

Заготовку в заводському технологічному процесі отримують методом литва по моделях, що виплавляються. Цей метод дає досить високу точність та якість поверхонь заготовки, але цикл від початку процесу до його завершення триває майже 22 години. Звідси і вартість заготовки, отриманої цим методом литва порівняно з іншими методами в 4 – 6 разів більша. Для отримання заготовки такої ж якості можна використати метод литва по моделях, що випалюються з вакуумним відсмоктуванням газів.

Аналізуючи заводський технологічний процес можна зробити висновки, що бази чорнові, чистові та проміжні обрані правильно. На всіх операціях, де це можливо, використовується принцип суміщення технологічних баз, що дає можливість уникнути похибок базування і таким чином підвищити точність обробки.

Негативним є те, що верстати недовантажені і використовуються в середньому на 12%, при цьому на операції обробки отвору M12 використовується агрегатно-свердлувальний верстат 3XA2741 (енергомісткий, дорогий, непереналагоджуваний). На цій операції доцільно було б використати верстат з ЧПК – 2P135Ф2. Цей верстат можна буде використати в подальшому для обробки інших деталей, а враховуючи загальну недовантаженість обладнання це є досить важливо.

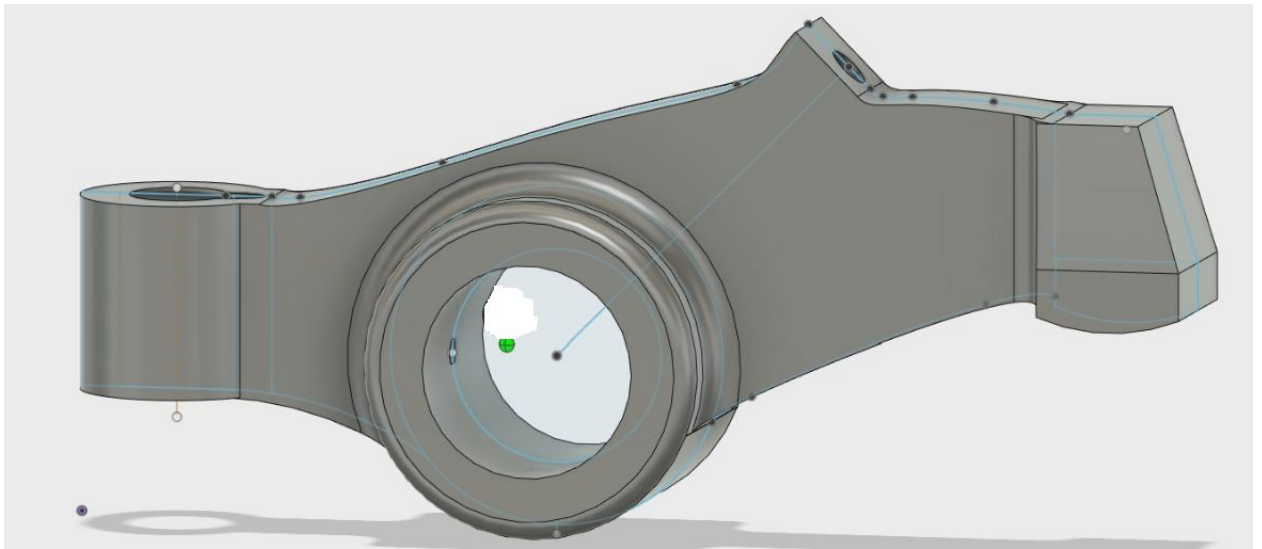


Рисунок 2.1 – 3D модель деталі «коромишко клапана»

2.2 Вибір заготовки та техніко – економічне обґрунтування методу її одержання

Заготовку деталі з врахуванням службового призначення і технічних вимог, а також з врахуванням типу виробництва можливо отримати наступними методами:

Литво по моделях, що виплавляються;

Литво по моделях, що випалюються.

Варіант 1.

Вартість заготовок, отриманих такими методами, розраховуємо за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, грн;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, грн;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 0,242$ кг;

q - маса готової деталі, кг; $q = 0,201$ кг;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр;

$k_T, k_c, k_в, k_m, k_n$ - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки, що отримана зі сталі 40Л за 1-м методом, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{12980}{1000} \cdot 0,242 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (0,242 - 0,201) \cdot \frac{1640}{1000} = 157 \text{ гр}$$

Варіант 2.

Вартість заготовок, отриманих такими методами, розраховуємо за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 0,287$ кг;

q - маса готової деталі, кг; $q = 0,201$ кг;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр;

$k_T, k_c, k_в, k_m, k_n$ - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки, що отримана зі сталі 40Л за 2-м методом, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{12980}{1000} \cdot 0,287 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (0,287 - 0,201) \cdot \frac{1640}{1000} = 184 \text{ гр}$$

Проведений аналіз показує, що заготовка, отримана методом литва по моделях, що випалюються більш економічна, ніж заготовка, виготовлена методом литва по моделях, що виплавляються.

2.2.1 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Проектування заготовки проводимо за ДСТУ 8781:2018. Виливки зі сталі.

Клас розмірної точності (5-9Г) \Rightarrow 7.

Степінь короблення – 7.

Степінь точності поверхні заготовки \Rightarrow 8.

Допуски розмірів виливка зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Зведена таблиця розмірів, допусків та припусків коромисла клапана

Розмір деталі, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Розмір заготовки, мм
Ø 24	0,64	3,8	Ø 20,2±0.32
Ø 34	1,1	-	Ø 34±0,55
Ø 20	1,0	-	Ø 20±0,5
28	0,7	2,2	30,2±0,35
21,4	0,64	4,2	25,6±0,32
20	1,0	-	20±0,5
R 20	1,0	1,0	R 21±0,5
15	0,7	-	15±0,5
17	0,8	-	17±0,4
130	1,0	-	130±0,8

Технічні вимоги і отримані дані заносимо на робочий кресленик заготовки.

2.3 Вибір технологічних баз

Обираємо чорнові бази. Для оброблення отвору $\varnothing 22$ F8 використаємо цю ж поверхню до оброблення. Щоб запресувати втулку використаємо в якості чорнової бази отвір $\varnothing 24$, а також один із торців $\varnothing 34$. Після запресування бронзової втулки деталь базується по отвору до упора в бокову поверхню, де відбувається зняття фасок. Для оброблення поверхні бойка використаємо приплив на протилежній стороні бойка, а також отвір $\varnothing 24$. Для нарізання різьби деталь базуємо по бойку і отвору $\varnothing 22$ F8.

2.4 Розроблення технологічних операцій

Число та послідовність технологічних переходів залежать від виду заготовки, вимог до точності обробки та готової деталі. Кількість та зміст переходів в операції визначається конструкцією деталі, можливостями положення ріжучих інструментів на верстаті і жорсткістю заготовки.

Технологічний процес механічного оброблення деталі “коромисло” наведемо у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технологічний процес механічного оброблення деталі
“коромисло”

№ опер ації	Назва і зміст операції	Обладнання	Верстатний та контрольний пристрої	Різальний інструмент
015	<p><i>Багатоцільова</i></p> <p>Установ І</p> <p>1. Фрезерувати торець, витримуючи розмір 29 мм.</p> <p>2. Обробити отвір $\varnothing 24$ мм, фаску $0,5 \times 45^\circ$.</p> <p>Установ ІІ</p> <p>1. Фрезерувати торець, витримуючи розмір 28 мм</p> <p>2. Фрезерувати поверхню бойка $R20 \pm 0,5$ мм.</p> <p>3. Фрезерувати заниження в розмір $20 \pm 0,1$.</p>	Оброблювальний центр з ЧПК AVIA X-5 1300/630	<p>Призма, прихват.</p> <p>Калібр – пробка.</p> <p>Шаблон радіусний.</p>	1. Фреза CoroBore BR20.
020	<p><i>Пресова</i></p> <p>1. Запресувати втулку із втопленням 0,7 мм.</p>	Прес П-412	Пристрій верстатний	-
025	<i>Вертикально-</i>	Вертикально-	Призма,	Розвертка

№ операції	Назва і зміст операції	Обладнання	Верстатний та контрольний пристрої	Різальний інструмент
	<p><i>свердлувальна</i></p> <p>1.Розгорнути отвір Ø22F8.</p>	<p>свердлувальний 2Н135</p>	<p>прихват</p>	<p>Ø22F8, Р6М5</p>
<p>030</p>	<p><i>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</i></p> <p>Установ I</p> <p>1. Свердлити ступінчастий отвір Ø2,5; Ø3,5; Ø4; Ø4,5.</p> <p>2. Свердлити отвір Ø10 мм.</p> <p>3.Зенкерувати отвір Ø10,9 мм.</p> <p>4. Зенкувати фаску 1x45⁰.</p> <p>Установ II</p> <p>1. Цекувати поверхню, витримавши розмір 20 мм.</p> <p>2. Нарізати різьбу М12х1-6Н.</p>	<p>Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2</p>	<p>Палець, опора, опора регульована</p>	<p>Свердла Ø2,5; Ø3,5; Ø4; Ø4,5, Р6М5.</p> <p>Свердло Ø10, Р6М5.</p> <p>Зенкер Ø10,9 Р6М5.</p> <p>Зенківка конічна, Р6М5.</p> <p>Цеківка, Р6М5.</p> <p>Мітчик машинний М12х1, Р6М5.</p>
<p>035</p>	<p><i>Слюсарна</i></p>			

№ операції	Назва і зміст операції	Обладнання	Верстатний та контрольний пристрої	Різальний інструмент
	Зняти задирки			
040	<i>Термічна (ТВЧ)</i>			
045	<i>Плоскошліфувальна</i> 1. Шліфувати поверхню 3. 2. Шліфувати поверхню бойка.	Плоскошліфувальний 3E710A	Пристрій спеціальний. Шаблон радіусний. Скоба 21,4 _{-0,28} .	Круг ПП 450x63x203, 12A25CT2K1.
050	<i>Полірувальна</i> 1.Полірувати поверхню бойка.	Плоскошліфувальний 3E710A	Спеціальний пристрій затискний.	Круг повстяний ТН 400x40. Паста абразивна М20.

2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку

2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків

Результати розрахунків наведемо у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Карта розрахунку припусків на оброблення та граничних розмірів по технологічних переходах поверхні $\varnothing 22F8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 22F8$	Елементи припуска, мкм				Розр. припуск $2z_{\min}$ мкм	Розрахований розмір p, d_p мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка	50	250	2150	-	-	20,907	326	20,581	20,907	-	-
1. Чорнове розвертання.	32	170	288	40	984	21,891	228	21,663	21,891	984	1082
2. Чистове розвертання.	20	50	11,52	2	162	22,053	33	22,020	20,053	162	357

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 22F8$ складається із розвертання чорнового та чистового.

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{отв}}^2},$$

де $\rho_{\text{кор}}$ - похибка від короблення виливка; $\rho_{\text{кор}} = 137$ мкм;

$\rho_{\text{отв}}$ - похибка діаметру; $\rho_{\text{отв}} = \Delta_{\kappa} \cdot d = 0,8 \cdot 30 = 210$ мкм.

Отже, величина просторових відхилень:

$$\rho = \sqrt{137^2 + 210^2} = 288 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо за формулою:

$$2z_{\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}).$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Граничні розміри для чистового розточування:

$$D_{z \max} = 22,053 - 0,162 = 21,891 \text{ мм},$$

$$D_{z \min} = 22,020 - 0,357 = 21,663 \text{ мм}.$$

Граничні розміри для чорнового розточування:

$$D_{z \max} = 21,891 - 0,984 = 20,907 \text{ мм},$$

$$D_{z \min} = 21,663 - 1,082 = 20,581 \text{ мм}.$$

Розміри заготовки приймаємо $D_3 = 21_{-0,5}^{0,15}$ мм.

2.6 Вибір режимів різання

Результати покажемо у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Режими різання

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання						
		t , мм	S_{xe} , мм/х в мм/о б мм/з уб	n , об/хв	V , м/хв	P , Н	N , кВт	T_o хв
015	<p><i>Багатоцільова</i></p> <p>Установ I</p> <p>1. Фрезерувати торець, витримуючи розмір 29 мм.</p> <p>2. Обробити отвір $\varnothing 24$ мм, фаску $0,5 \times 45^\circ$.</p> <p>Установ II</p> <p>1. Фрезерувати торець, витримуючи розмір 28 мм</p> <p>2. Фрезерувати поверхню бойка $R20 \pm 0,5$ мм.</p> <p>3. Фрезерувати заниження в розмір $20 \pm 0,1$.</p>	0,8	0,297	1400	286	2,4	-	0,9

020	<i>Пресо́ва</i> 1.Запресувати втулку із втопленням 0,7 мм.	-	-	-	-	-	-	-
025	<i>Вертикально-свердлувальна</i> 1.Розгорнути отвір Ø22F8.	0,1	0,35	90	3,4	0,5	-	1,067

030	<i>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</i>							
	Установ I							
	1. Свердлити ступінчастий отвір Ø2,5; Ø3,5; Ø4; Ø4,5.	2,25	0,10	100 0	14,13	0,38	-	0,158
	2. Свердлити отвір Ø10 мм.	5,0	0,28	800	25,6			0,112
	3. Зенкерувати отвір Ø10,9 мм.	0,15	0,28	355	11,9			0,261
	4. Зенкувати фаску 1x45°.	1,0	0,4	355	11,9			0,035
	Установ II							
1. Цекувати поверхню, витримавши розмір 20 мм.	2,0	0,28	355	22,3			0,05	
2. Нарізати різьбу M12x1-6H.	0,5	1,0	120	4,5			0,233	
045	<i>Плоскошліфувальна</i>							
	1. Шліфувати поверхню 3.	0,1	0,01	150 0	35 м/с	1,1	-	0,127
	2. Шліфувати поверхню бойка	0,1	0,01	150 0	35 м/с	1,1		0,127
050	<i>Полірувальна</i>	0,03	0,01	150 0	35	0,5	-	0,207
	1. Полірувати поверхню бойка.							

2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

На всі операції проводимо розрахунок технічних норм часу, а результати зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Ном ер опер ації	Назва операції	T_o , хв	$T_{п.з.}$ хв	$T_{обст.відн.}$, хв		$T_{від}$ хв	$T_{шт}$	$T_{дон.}$ хв			$T_{шт.к.}$ хв
				$T_{техн}$	$T_{орг}$			$T_{зак.}$	$T_{кер}$	$T_{вим}$	
015	Багатоцільова	1,812	12	0,54	0,64	0,4	3,82	0,05	0,04	0,31	3,82
025	Вертикально-свердлувальна	1,067	16	0,79	0,83	0,5	11,3	0,05	0,5	0,38	11,36
030	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	0,849	24	0,94	0,97	0,8	6,8	0,04	0,07	0,65	6,85
045	Плоскошліфувальна	0,254	24	0,94	0,97	0,8	6,8	0,04	0,07	0,65	6,85
050	Полірувальна	0,207	6	0,61	0,70	0,2	1,88	0,04	0,01	0,15	1,88

2.8 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Вертикальні обробні центри AVIA серії X-5 (рис. 2.2) - найбільш універсальні 5-ти осьові оброблювальні центри для виробництва [9].

«Технічні характеристики:

- Поворотна фрезерна головка з плавним управлінням та потужним електрошпинделем.
- Викий вбудований поворотний стіл діаметром 630 мм, або поворотний стіл діаметром 400 мм з горизонтальною віссю.
- Точність датчиків Heidenhain +/-5 арксеканс, вбудовані центри обертальної осі для більшої точності.
- Простора робоча зона забезпечує достатньо місця для обробки об'ємних деталей, 5-ти осьова обробка з 5-ти боків деталей середнього розміру та 4-х осьова обробка великих деталей.
- Максимальне навантаження на посиленій стіл.
- Програмний час обробки одного блоку – 0,5 мс, для 5-ти осьових програм, створених в САМ» [9].

«5-осьові обробні центри AVIA – це нове покоління високоефективних фрезерних центрів, що дозволяють обробляти заготовки за 5 осями одночасно. Обробка заготовки по всьому контуру з 5-осьовою інтерполяцією можлива завдяки високій динаміці цих верстатів. Вони також характеризуються підвищеною гнучкістю та ефективністю оброблення. Цикл виготовлення заготовки значно коротший порівняно з 3-х осьовими верстатами. Час підготовки та налаштування значно скорочується при збільшенні точності обробки внаслідок меншої кількості необхідних операцій та скороченню непотрібних налаштувань» [9].

«Універсальний 5-ти осьовий оброблювальний центр X-5 1300/630:

- 4-та вісь була отримана за рахунок обертання великого поворотного столу діаметром 630 мм, вбудованого у звичайний стіл розміром 1500 x 710 мм.

– 5-та вісь забезпечується поворотною фрезерною головкою з плавним управлінням з вбудованим електрошпинделем. Діапазон повороту складає $+110^{\circ} / -85^{\circ}$ [9].

«Таке рішення підвищує функціональність цього центру оброблення, є можливість здійснювати 4-х осьову обробку великих деталей та 5-ти осьову обробку середніх деталей на одному верстаті» [9].



Рисунок 2.2 Універсальний 5-ти осьовий оброблювальний центр AVIA
X-5 1300/630

Керуючу програму для операції 015 «Багатоцільова» покажемо у додатку В.

2.9 Використання САПР Autodesk Fusion для проектування деталей сільськогосподарської техніки

«Впровадження CAD/CAM технологій та сучасних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) у виробництво дозволяє реалізувати швидку заміну зношених деталей для різних машин та механізмів які в промисловості серійно вже не виготовляються, а замовлення, доставка і заміна таких деталей вимагає значного часу та затримує виконання різних робіт внаслідок простою техніки. Особливо це стосується деталей сільськогосподарського обладнання, від яких вимагаються висока надійність та довговічність в процесі експлуатації, а при їх зношуванні або раптовій поломці немає можливості швидко їх замінити на серійно виготовлені запчастини. Для даної техніки, що працює в несприятливих умовах, питання вчасного її ремонту та відновлення має особливу актуальність» [18].

«Fusion 360 це інженерна система автоматизованого проектування нового покоління. Вона представляє собою засіб 3-D моделювання та розроблення конструкції виробів на основі хмарних технологій в якому поєднуються можливості цифрового проектування та механічного оброблення в одному пакеті та дає можливість швидко впроваджувати проектні ідеї в стадію виробництва. Вона поєднує в собі найкраще, що можна було взяти від Inventor, Alias, Simulation та інших програмних продуктів Autodesk, для створення унікального середовища, у якому можна виконувати проектування та розробляти керуючі програми для виготовлення деталей різноманітної конфігурації. Розглянемо основні етапи використання САПР Fusion 360 в технологічній підготовці виготовлення деталі «коромисло клапана»» [18].

1. Створення 3D моделі (рис. 2.3).

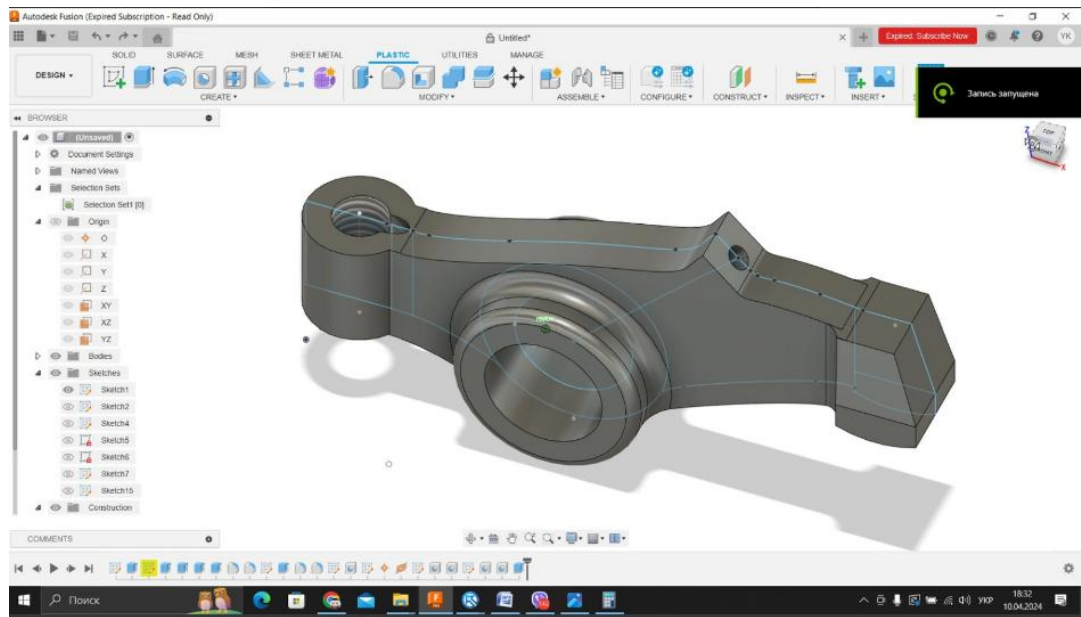


Рисунок 2.3 – 3D модель коромисла клапана

2. Вибір системи координат (рис. 2.4)

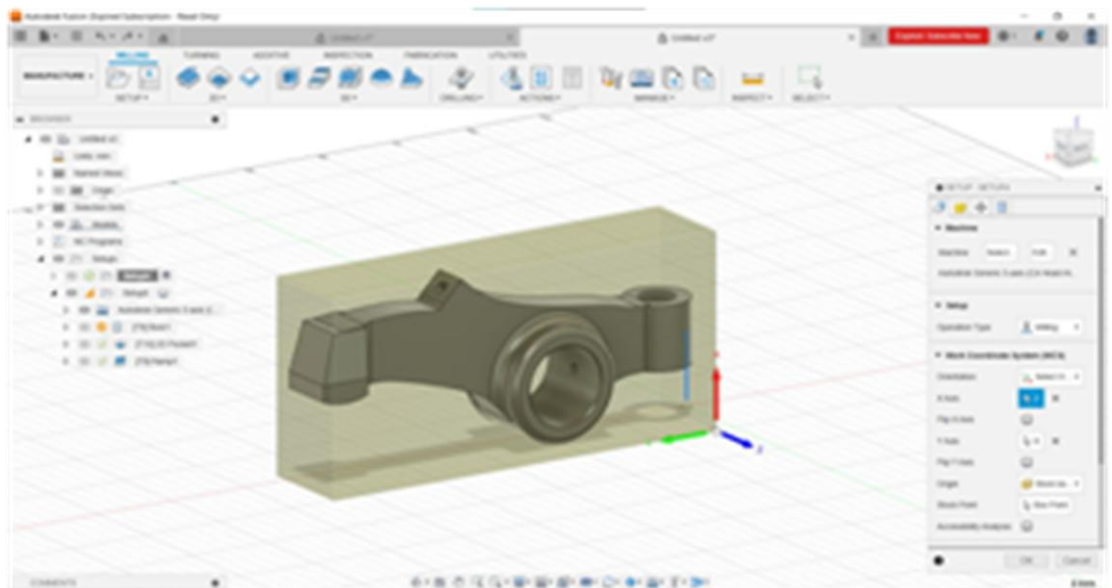


Рисунок 2.4 – Вибір системи координат

3. Вибір виду оброблення (рис. 2.5)

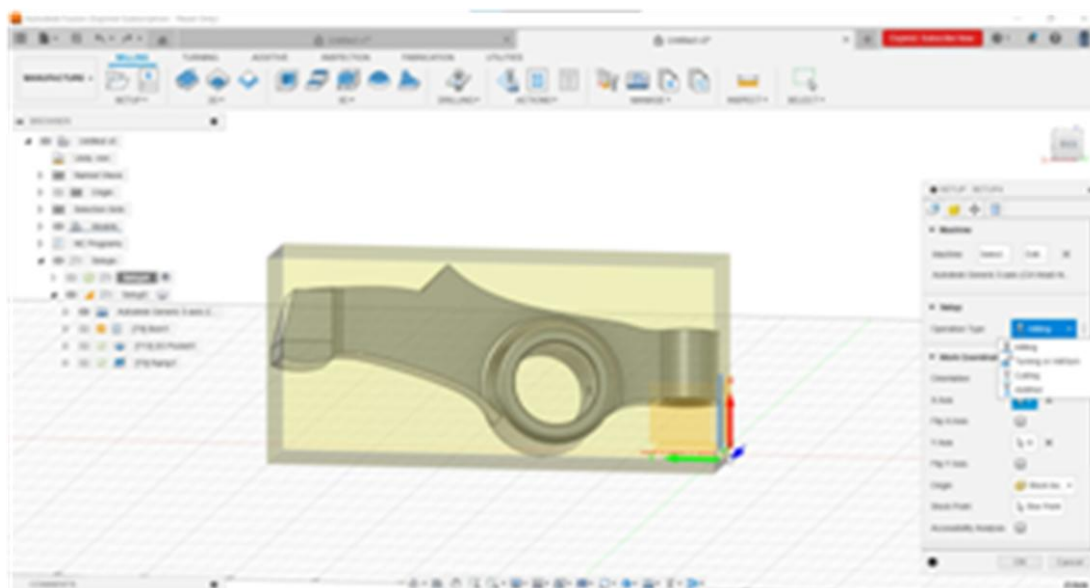


Рисунок 2.5 – Вибір виду оброблення

4. Візуалізація процесу оброблення (рис. 2.6; 2.7; 2.8)

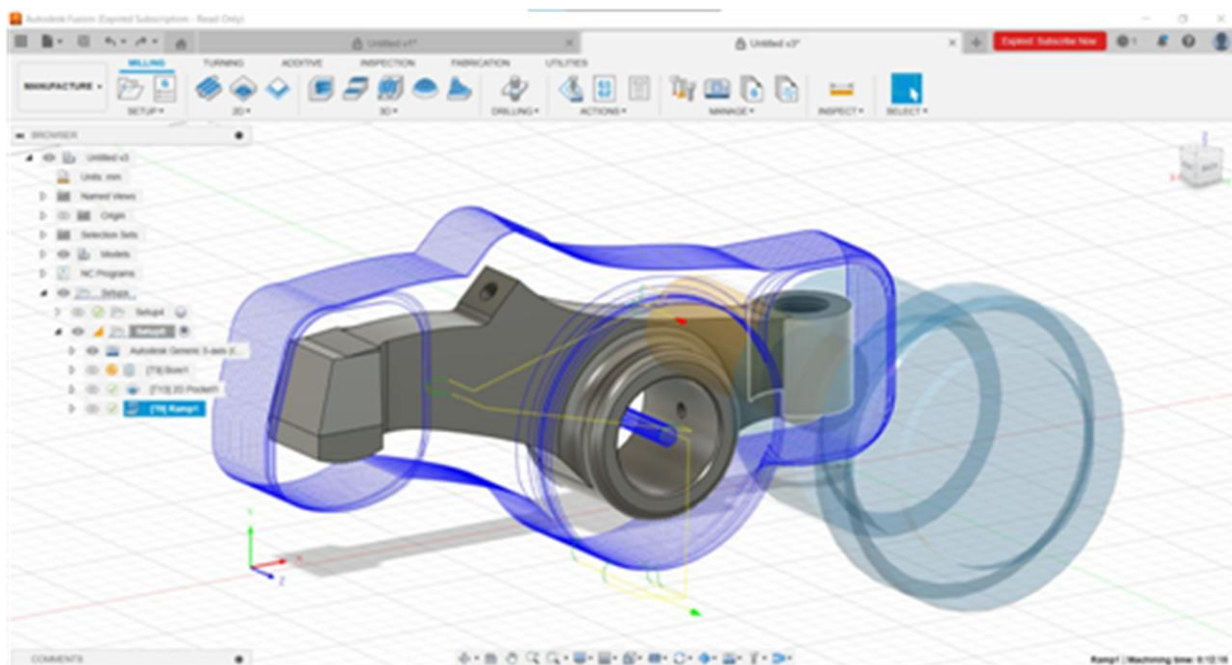


Рисунок 2.6 – Візуалізація процесу оброблення

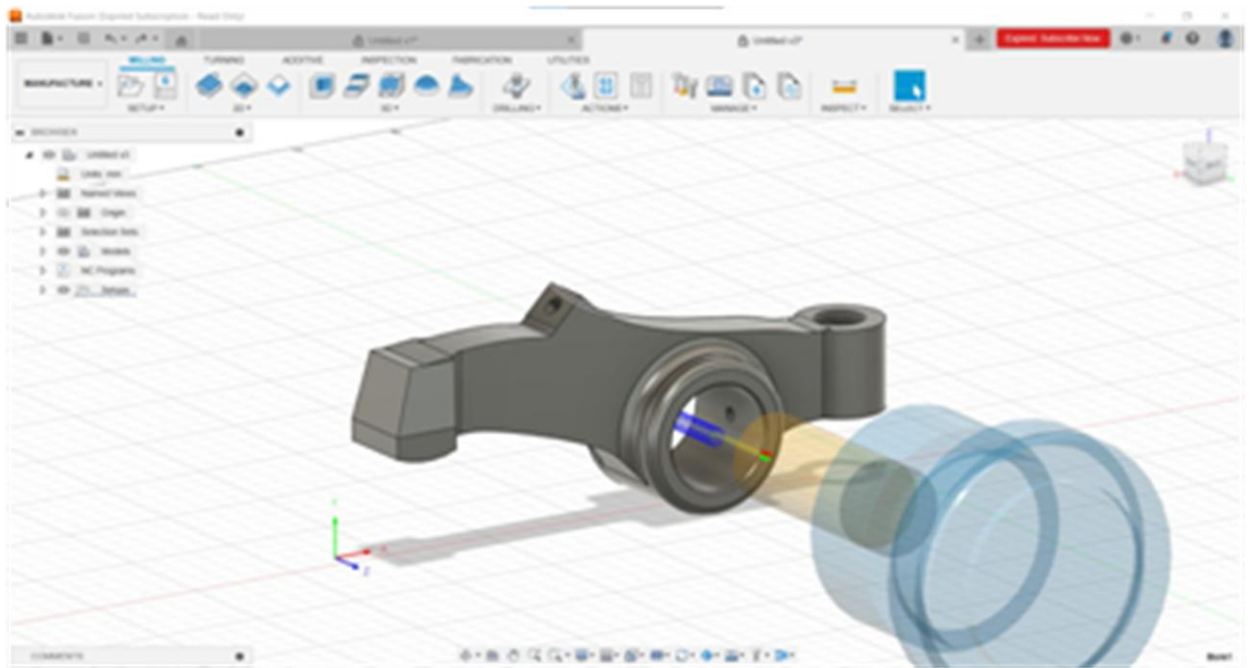


Рисунок 2.7 – Візуалізація процесу оброблення

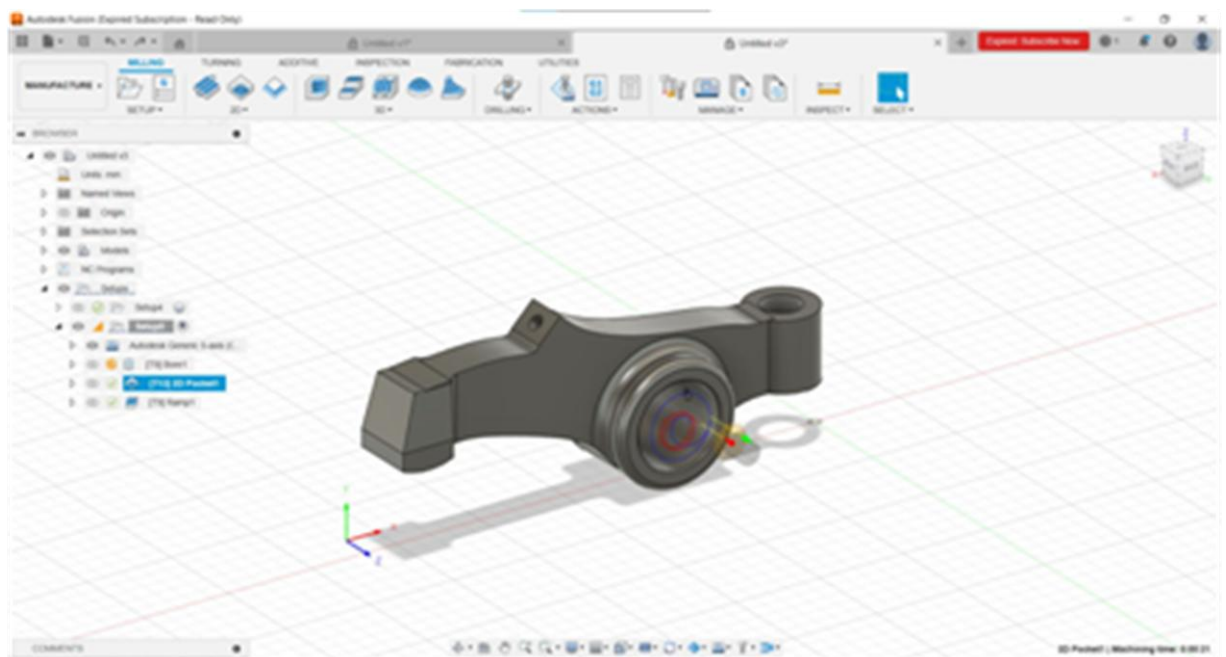
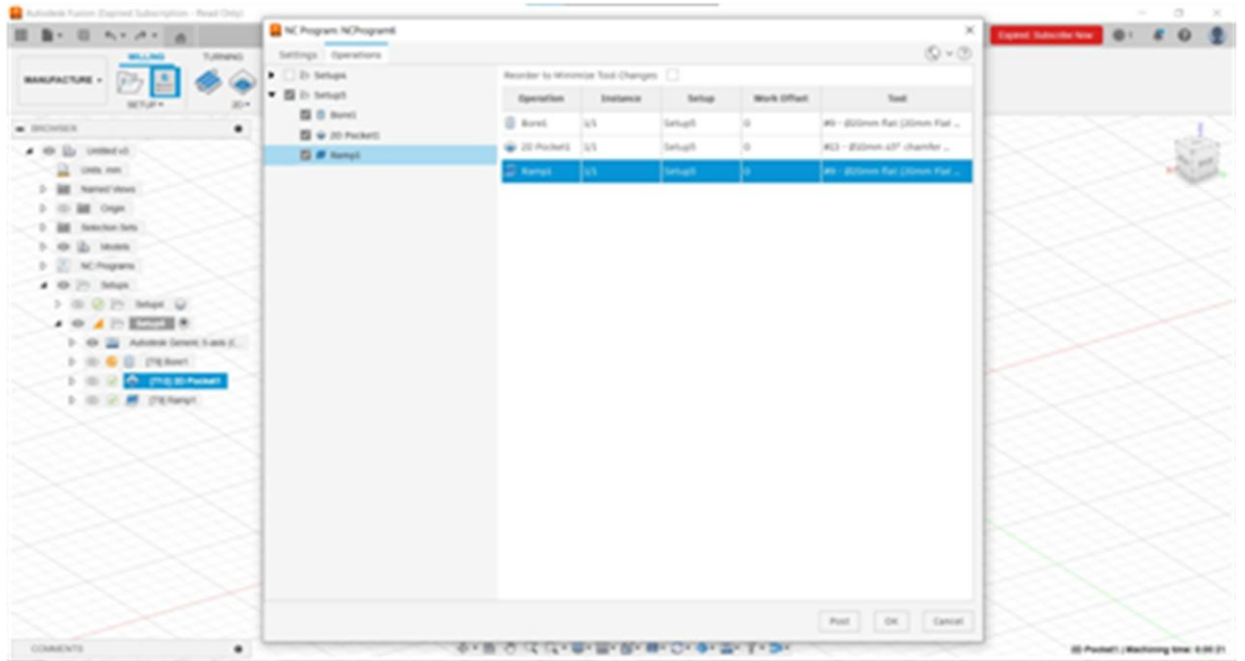


Рисунок 2.8 – Візуалізація процесу оброблення

5. Автоматично згенеровано програму для ЧПК (рис. 2.9).



3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при шліфуванні бойка коромисла

3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Схема базування деталі показана на рис. 3.1.

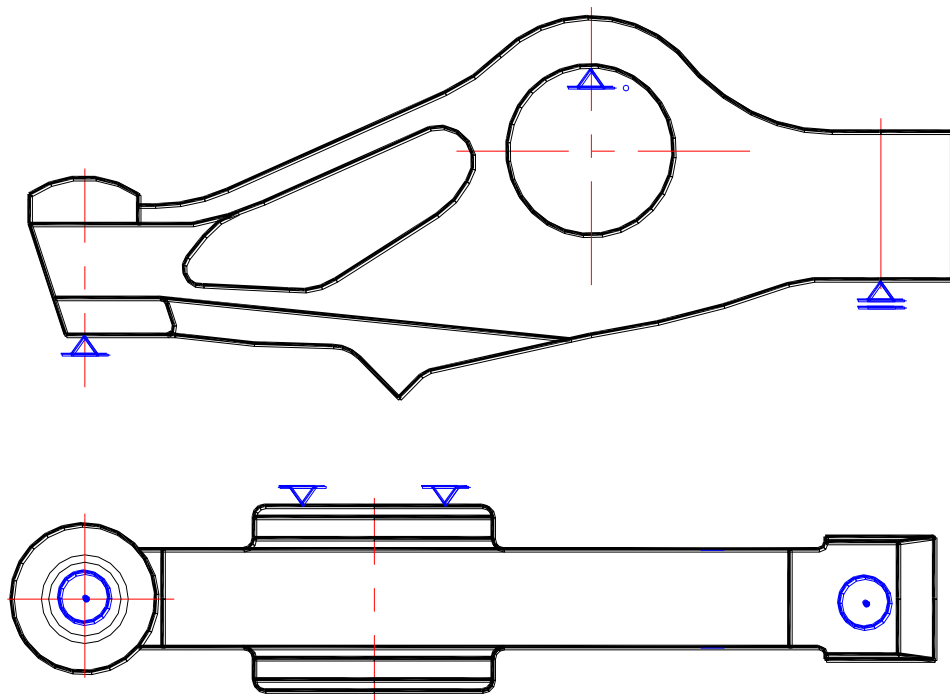


Рисунок 3.1 Схема базування

Деталь в процесі оброблення повинна зайняти і зберігати впродовж всього часу оброблення визначене положення відносно деталей верстата чи пристрою. Для цього необхідно виключити можливість трьох прямолінійних рухів деталі в напрямку обраних координатних осей та трьох обертових рухів навколо цих осей (правило шести точок), отже, необхідно позбавити деталь шести ступенів вільності.

Для даної деталі доцільно вибрати базування по внутрішньому отвору (на оправці), що відніме в деталі чотири степені вільності. Але в цьому

випадку необхідно, щоб деталь встановлювалась на оправку з натягом, що складно виконати.

Обираємо наступну схему базування деталі (рис. 3.1). Деталь базуємо на оправці з буртиком і опорній втулці, а для рівномірного притискання деталей використаємо самоцентруючі опори.

Для збільшення ефективності операції на пристрої одночасно встановлюється 8 деталей, тобто використовується багатомісне оброблення.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

В процесі встановлення заготовки виникає невизначеність вимірювання, тобто похибки базування і закріплення. Точність оброблення визначаємо на допуск ділильного діаметру, за умови послідуєчого шліфування бойка коромисла. Допустиму похибку пристрою розрахуємо за формулою:

$$\varepsilon_{np}^0 = \delta - k \omega = 0,74 - 0,07 = 0,67 \text{ мм,}$$

де $\delta = 0,74$ мм – допуск на розмір;

$k = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує точність обробки;

$\omega = 0,1$ – коефіцієнт економічної точності обробки.

Тоді похибка пристрою, що виникає в даному випадку:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.з.}^2},$$

де ε_{δ} – похибка базування. В даному випадку похибка базування при встановленні деталі на оправку. Розмір базового отвору $\varnothing 22F7^{(+0,053)}_{(+0,020)}$, тобто є можливість підрахувати найбільший зазор, який виникає в цьому з'єднанні. Ця різниця і буде похибкою базування, оскільки похибка базування в цьому

випадку – це різниця відстаней розмірної бази відносно встановленого на розмір інструмента.

Різниця на сторону складе:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{d_{\max}^{\sigma} - d_{\min}^{\sigma}}{2} = \frac{32,053 - 31,979}{2} = 0,037 \text{ мм.}$$

Оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_{np}^{\sigma} \geq \varepsilon_{np},$$

$$0,67 \geq 0,037$$

використання пристрою доцільне.

3.1.3 Вибір установочних елементів пристрою

Момент, що прикладається до гвинта, необхідний для створення сили затискання Q на клин (рис. 3.2), та визначається за формулою:

$$M_p = Q \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

де d_{cp} - середній діаметр різьби;

α - кут підйому різьби

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d_{cp}},$$

де p - крок різьби, мм;

$\operatorname{tg} \varphi_{np}$ - приведений коефіцієнт тертя для заданого профілю різьби

$$\operatorname{tg} \varphi_{np} = \frac{f}{\cos \beta};$$

де β - половина кута при вершині профілю витка різьби, $\beta = 15^\circ$;

f - коефіцієнт тертя для заданого профілю різьби.

$M_p = 1,791Q$ - розрахунок проводимо за відомою методикою розрахунку режимів різання.

При $\operatorname{tg} \varphi_{np} = 0,15$, $M_p = p \cdot l$, де $l = 100$ мм - плече прикладення сили P .

Приймаємо значення сили $P = 50$ Н (при ручному затисканні). Тоді сила Q складатиме:

$$Q = \frac{M}{1,791} = \frac{50 \cdot 100}{1,791} \approx 2800 \text{ Н.}$$

З іншої сторони, ця сила діє на клин, з яким сила закріплення пов'язана рівнянням:

$$W = Q \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} \cdot \frac{l_1}{l_2},$$

де W - сила затискання, Н;

Q - сила від привода, Н;

l_1, l_2 - довжини плеч важелів;

α - кут нахилу клина;

φ_1 - кут тертя на нахиленій площині клина;

φ_2 - кут тертя на горизонтальній площині.

Приймаємо $\varphi_1 = \varphi_2 = 12^\circ$; $l_1 = 50$ мм, $l_2 = 82$ мм (рис. 3.2).

Отже,

$$W = \frac{2800}{\operatorname{tg}(15 + 2 \cdot 12)} \cdot \frac{50}{82} = 1620 \text{ Н.}$$

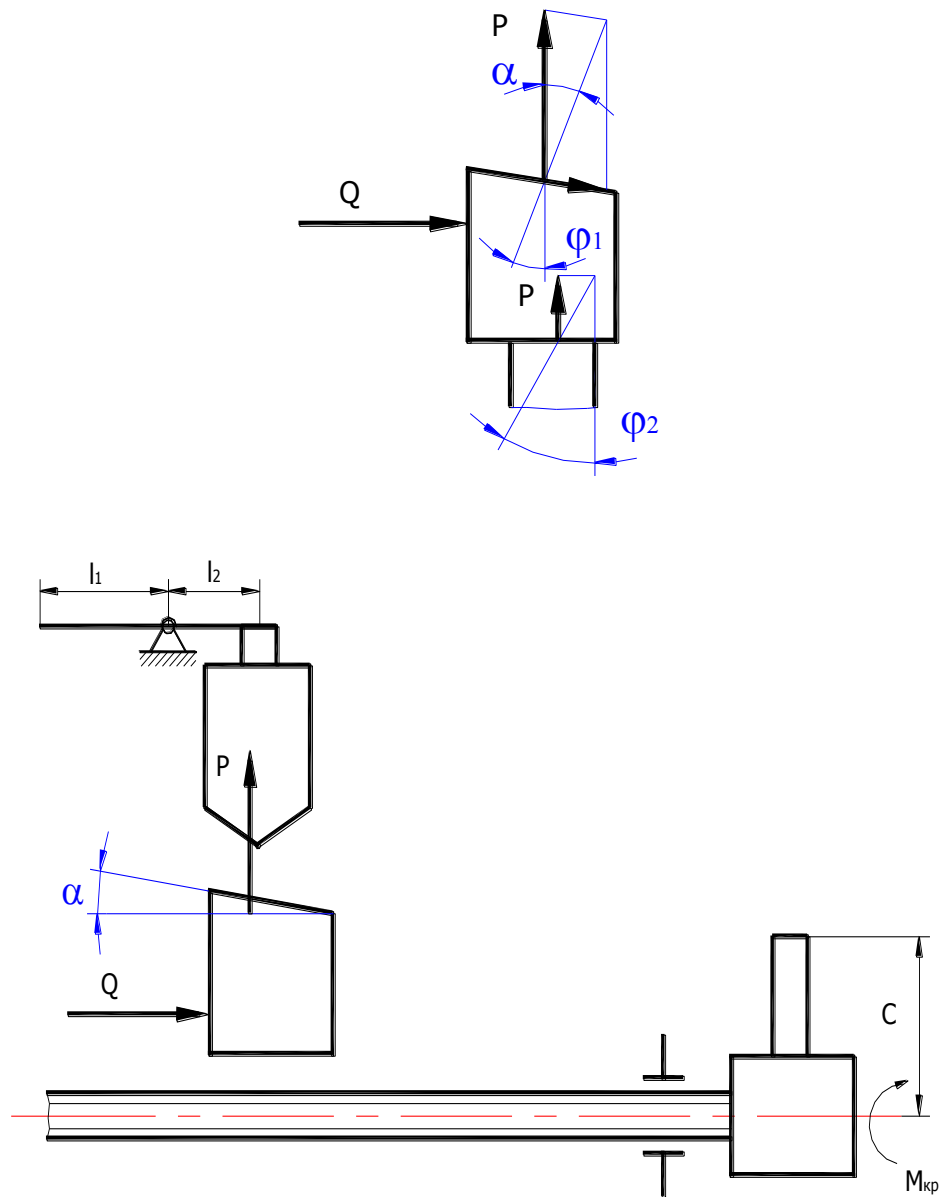


Рисунок 3.2 Схема затискування деталі

3.1.4 Розрахунок приводу пристрою

Затискання заготовок проводиться вручну, без використання пневматичного циліндра, тому даний розрахунок не проводимо.

3.1.5 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Проведемо перевірочний розрахунок на міцність штифта поз. 32 , через який передається обертання на гвинт 34.

Штифт 32 знаходиться в стані змінання, навантаження статичне (1 цикл навантаження), матеріал – сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Діаметр штифта $d_{шт} = 8$ мм.

Умова міцності штифта на змінання має вигляд:

$$\sigma_{зм} = \frac{4,4 \cdot M}{z \cdot l_p \cdot d_{гв} \cdot d_{шт}} \leq [\sigma_{зм}],$$

де z - кількість штифтів;

$\sigma_{зм}$ - напруження змінання;

$[\sigma_{зм}]$ - допустиме напруження змінання;

l_p - робоча довжина штифта;

$d_{гв}$ - діаметр гвинта;

$d_{шт}$ - діаметр штифта.

Отже:

$$\sigma_{зм} = \frac{4,4 \cdot 5000}{1 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 8} = 27,5 \text{ Н/мм}^2 .$$

Для сталі 45 допустима величина $[\sigma_{зм}] = 320 \text{ Н/мм}^2$. Умова міцності виконується.

Умова міцності штифта на зріз має вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M}{z \cdot l_p \cdot d_{гв} \cdot d_{шт}} \leq [\tau_{зр}],$$

де z - кількість штифтів;

$\tau_{зр}$ - напруження зрізу;

$[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження зрізу;

l_p - робоча довжина штифта;

$d_{св}$ - діаметр гвинта;

$d_{шт}$ - діаметр штифта.

Отже:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 5000}{1 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 8} = 12,5 \text{ Н/мм}^2 .$$

Для сталі 45 допустима величина $[\tau_{зр}] = 145 \text{ Н/мм}^2$. Умова міцності виконується.

3.1.6 Опис конструкції пристрою

На даному пристрої відбувається закріплення заготовок при шліфуванні бойка коромисла ЧТЗ 14.04.СБ-112.

Пристрій складається із корпусу поз. 23, на якому встановлюються всі інші елементи пристрою. Обертання ходового гвинта поз. 21 виконується за рахунок обертання рукоятки поз.20. При обертанні гвинта в ту чи іншу сторону за рахунок різьби в стійці поз. 22, приводиться до руху клин поз.11. Заготовки насаджені на оправку, за рахунок дії гідропласта на п'яту поз.8, заготовки притискаються до упора поз. 10, після чого проходить їхня обробка.

3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

Схема вимірювання розміру $71,5^{+0,3}_{-0,1}$ мм показана на рисунку 3.3. В даному пристрої застосовується індикатор годинникового типу ИЧ-10 ДСТУ ГОСТ 577:2009.

Індикатор фіксує відхилення, які відбуваються за рахунок пересування каретки (на рисунку показано стрілками), на якій встановлена деталь за допомогою пальця (поз.4). Відстань від пальця (поз.4) і віссю призми повинні знаходитись в допустимих межах $71,5^{+0,3}_{-0,1}$ мм і непаралельність цих осей повинна бути не більшою за 0,02 мм. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,08 мм.

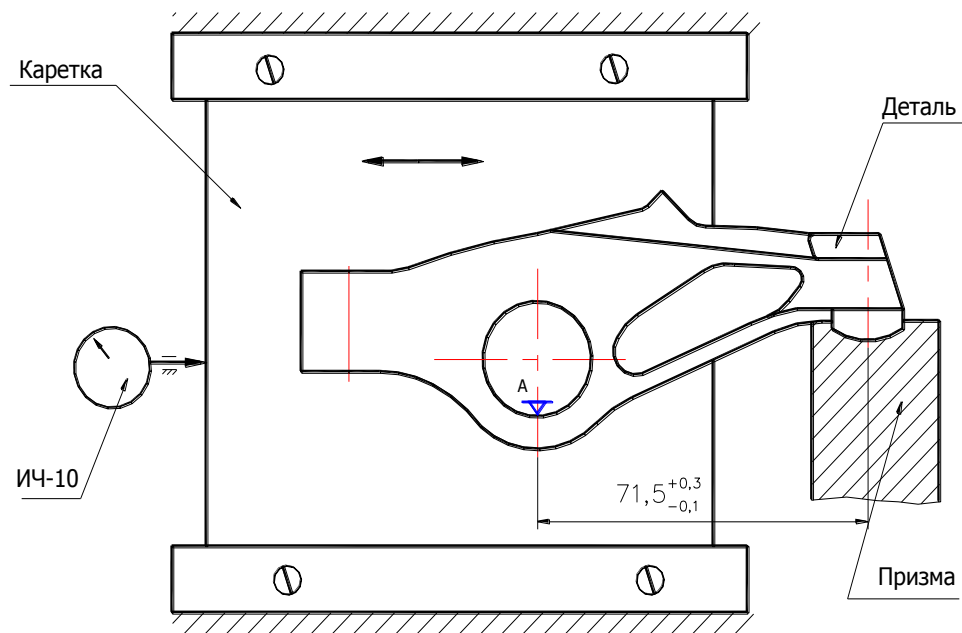


Рисунок 3.3 Схема вимірювання деталі

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Необхідно визначити точність положення контрольованої деталі в пристрої відносно вимірювального інструменту, тобто індикатора.

Для розрахунку допустимої паралельності осі призми відносно осі пальця $\varepsilon_{np} = 0,02$ мм.

Похибка контрольного пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} \leq \frac{1}{3} \delta - k \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \text{ мм}$$

де δ - допуск співвісності поверхонь, заданий на кресленику, $\delta = 0,18$ мм;

ε_{δ} - похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

$\varepsilon_{зн} = 0,02$ мм – похибка зношування установчих елементів пристрою, мм;

ε_3 - похибка закріплення, в даному випадку $\varepsilon_3 = 0,03$;

$\varepsilon_{уст}$ - похибка установки пристрою, $\varepsilon_{уст} = \frac{L_0 - S}{l}$, мм;

L_0 - довжина контрольованого розміру, $L_0 = 71,5$ мм;

l - довжина рухомої плити, $l = 100$ мм;

S - найбільший зазор в посадці розміру, $S = 0,3$ мм;

$$\varepsilon_{уст} = \frac{71,5 - 0,3}{100} = 0,215 \text{ мм};$$

ω - точність вимірювального інструменту; для індикаторної головки за ДСТУ ГОСТ 577:2009, ціною поділки 0,01 мм, границя допустимої похибки $\pm 0,001$ мм, відповідно $\omega = 0,002$ мм;

$$k_1 = 0,8;$$

$k_2 = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує точність обробки, тоді

$$k_2 \cdot \omega = 0,7 \cdot 0,002 = 0,0014 \text{ мм};$$

$$k = 1,2.$$

Тоді:

$$\varepsilon_{np} \leq \frac{1}{3} 0,18 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + 0,03^2 + 0,215^2 + 0,02^2 + 0,0014^2} = 0,014 \text{ мм}.$$

Оскільки точність пристрою більша, чим контрольований параметр, можна зробити висновок, що спроектований пристрій задовольняє технічним вимогам по точності.

$$0,02 \geq 0,014.$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Безпечність та екологічність експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК

Проведемо аналіз та ідентифікацію усіх можливих професійних ризиків, що виникають при експлуатації фрезерного обладнання. Результати наведемо у вигляді таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Ідентифікація професійних ризиків

Технологічна операція	Небезпечний виробничий фактор	Джерело небезпечного виробничого фактору
Фрезерна	Підвищений рівень шуму на робочому місці	Компресор
	Гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях заготовки, інструментів чи обладнання	Заготовка
	Підвищена запиленість чи загазованість повітря робочої зони	Фреза

Розглянемо методи та заходи для мінімізації чи повного виключення професійних ризиків при роботі та обслуговуванні фрезерного обладнання. Такі заходи як інструктаж з техніки безпеки розглядати не будемо, оскільки це обов'язковий захід для усіх виробничих процесів. Результати наведемо в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Методи та заходи зниження професійних ризиків

Небезпечний чи шкідливий виробничий фактор	Організаційно-технічні засоби захисту, часткового зниження, повного виключення небезпечного чи шкідливого виробничого фактору	Засоби індивідуального захисту виробника
Підвищений рівень шуму на робочому місці	Використання матеріалів звукоізоляції під час обслуговуванні та роботі з обладнанням	Навушники протишумні або вкладиші протишумні
Гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях заготовки, інструментів чи обладнання	Впровадження в технологічний процес робіт з усунення гострих кутів, а також видалення задирок	Рукавиці комбіновані або рукавиці з полімерним покриттям
Підвищена запиленість чи загазованість повітря робочої зони	Інтеграція систем вентиляції, виконання робіт у зонах ізоляції людини, впровадження пилосбірників	Засоби індивідуального захисту органів дихання, захисні окуляри

4.2 Пожежна безпека при експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК

Проведемо ідентифікацію класів та небезпечних факторів пожежі. Результати наведемо у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Ідентифікація класів та небезпечних факторів пожежі

Виробнича дільниця	Обладнання	Клас пожежі	Небезпечні фактори пожежі	Супутні прояви факторів пожежі
Фрезерна	Фрезерний з ЧПК, з системою пневмостабілізації, системою контролювання точності	Е	Підвищення температури, задимлений простір, виділення токсичних парів при горінні легкозаймистих та легкоплавких речовин	Елементи деталей, зруйнованих під час загоряння, випускання струму несправної проводки, викиди в атмосферу при порушенні цілісності захисних споруд, виділення шкідливих речовин внаслідок ліквідації пожежі

Пожежі присвоюється клас «Е» оскільки електрична шафа верстата з ЧПК і пневматичної системи стабілізації перебувають під високою напругою, що загрожує утворенням пожежі на об'єкті.

З метою забезпечення пожежної безпеки під час роботи з фрезерним верстатом із ЧПК було розроблено організаційні заходи, а також технічні засоби забезпечення пожежної безпеки. Представлені методи і засоби

відповідають нормативним документам у сфері пожежної безпеки, таким, наприклад, як НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України», ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація», ДСТУ 3855-99 «Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення».

Методи та засоби зібрані та відображені в таблиці 4.4 і таблиці 4.5.

Таблиця 4.4 – Технічні засоби забезпечення пожежної безпеки

Пісок, порошковий вогнегасник	Первинні пожежогасіння	засоби
Пожежна мотопомпа	Мобільні пожежогасіння	засоби
Порошкова система пожежогасіння	Стаціонарні систем пожежогасіння	установки
Прилади керування пожежні	Засоби автоматичної системи	пожежної
Пожежна шафа	Пожежне обладнання	
Респіратори, промислові протигази	Засоби захисту	індивідуального
Лопата совкова, багор пожежний, відро	Пожежний інструмент (механізований	інструмент та
Оповіщувачі пожежні	Пожежна зв'язок та оповіщення	сигналізація,

Таблиця 4.5 – Організаційні (організаційно-технічні) заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Найменування технологічного процесу	Найменування видів, що реалізуються організаційних (організаційно-технічних) заходів	Нормативні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, реалізовані ефекти
Фрезерування	Організація пожежної охорони, проведення заходів щодо навчання співробітників діям під час пожежі, ідентифікація пожежонебезпечних речовин і визначення правил їх зберігання і транспортування	Допустима концентрація легкозаймистих речовин, зберігання пожежонебезпечних речовин в окремому приміщенні, якнайшвидша утилізація пожежонебезпечних відходів, наявність температури і тиску повітря, що перешкоджає швидкому поширенню полум'я, встановлення блискавковідводів

4.3 Забезпечення екологічної безпеки фрезерної дільниці

Після проведення аналізу впливу антропогенних властивостей технологічного процесу на різноманітні середовища, було складено перелік заходів по запобіганню негативного впливу.

Результати аналізу зібрані та відображені в таблиці 4.6 і таблиці 4.7.

Таблиця 4.6 - Ідентифікація негативних екологічних факторів технічного об'єкту

Найменування технологічного процесу	Структурні складові технологічного процесу, енергетичної установки, транспортного засобу тощо	Негативний екологічний вплив технічного об'єкту на атмосферу
Фрезерування	Фрезерний верстат з ЧПК	Виділення відходів, таких як стружка металева, стружка пластикова тощо

Таблиця 4.7 – Розроблені (додаткові чи альтернативні) організаційно-технічні заходи по зниженню негативного антропогенного впливу заданого технічного об'єкту на навколишнє середовище

Найменування технічного об'єкту	Операція ТП «Фрезерна»
Заходи по зниженню негативного антропогенного впливу заданого на навколишнє середовище	Збір, подрібнення, брикетування стружки, відправка на утилізацію чи повторне використання

ВИСНОВКИ

В наданій дипломній роботі бакалавра проводилось розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі «коромисло клапана», виготовленого із ливарної сталі 40Л, ДСТУ 8781:2018.

У розрахунково - пояснювальній записці надано технологічний процес із розробленням технологічних операцій, проведено економічний розрахунок технологічної собівартості двох методів литва, проведено аналіз обраного методу отримання заготовки, надано аналітичний розрахунок припусків на поверхню отвору $\varnothing 22F8$, обрано сучасне обладнання та металорізальний інструмент для розробленого технологічного процесу.

Для операції 015 «Багатоцільова», на якій проводиться фрезерування поверхонь деталі «коромисло клапана» було згенеровано керуючу програму за допомогою програмного продукту Autodesk Fusion для вертикального обробного центру AVIA серії X-5.

Призначення режимів різання було проведено як за традиційною методикою, так і за калькулятором провідної фірми Sandvik Coromant.

В конструкторському розділі спроектовано спеціальний пристрій для закріплення деталі на шліфувальній операції при обробленні поверхні бойка та контрольний пристрій для контролювання точності розміру міжосьової відстані.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз безпечності та екологічності експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК, розглянуто питання пожежної безпеки при експлуатації фрезерних верстатів з ЧПК. Також запропоновано заходи забезпечення екологічної безпеки фрезерної ділянки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8833:2019 Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні.
3. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
4. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи за освітньо-професійною програмою – 131 Технології машинобудування; / Укладачі: А. І. Гордєєв, В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 39 с.
5. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
6. ДСТУ EN 1550:2018 Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей (EN 1550:1997 + A1:2008, IDT).
7. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
8. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
9. МАШІНТЕХ. [Електронний ресурс]. – Режим до ступу до каталогу: <https://www.met.ua/p/vertikalni-obrobni-tsentri-avia-seriya-x-5/>.
10. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 - 353 с., іл.

11. Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
12. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
13. Basics of mechanical engineering: integrating science, technology and common sense / Paul D. Ronney Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Southern California – 2021; 142 p. / <http://ronney.usc.edu/ame101/>
14. Fundamentals of CNC Machining / A Practical Guide for Beginners/ Copyright 2014 Autodesk, Inc. https://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals_of_CNC_Machining.pdf
15. Sandvik.Coromant. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <http://www.sandvik.coromant.com>
16. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
17. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2022. – 422 с.
18. Ю.І. Бойко, к.т.н., доц. 1 , Д.Ю. Слабій, маг. 1 , В.А. Яновський, доц. 2 , Ю.О. Коваль, маг. 2 , Національний університет харчових технологій (НУХТ) 1 , Державний університет «Житомирська політехніка» 2
ВИКОРИСТАННЯ САПР FUSION 360 ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА

ВИГОТОВЛЕННЯ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.