

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

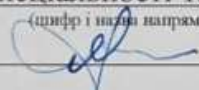
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

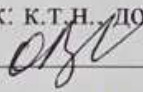
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ "КОРПУС 41.01"

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-23м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(цифр і назви напрямку підготовки, спеціальності)

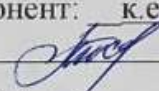
 Мазурін В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

 Сердюк О.В.
(прізвище та ініціали)

« 18 » 12 2024 р.

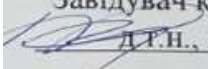
Опонент: к.е.н., доц. каф. АТМ

 Макарова Т.В.
(прізвище та ініціали)

« 20 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

« 20 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Машинобудування та транспорту
 Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 13-Механічна інженерія
 Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
 Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

24 вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мазуріну Василю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Корпус 41.01"

керівник роботи к.т.н., доц. Сердюк О.В.

затверджені наказом ВНТУ від 17.09.2024 року № 310

2. Строк подання студентом роботи 17 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі Корпус 41.01,
програма випуску 3000 шт

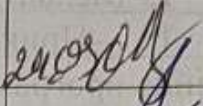
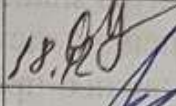
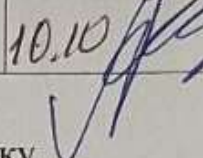
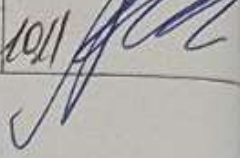
4. Зміст текстової частини:

Оптимізація конструкції деталі, технологічна частина, проектування ділянки механічної обробки, економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу

креслення деталі, заготовки, маршрут механічної обробки, карта налагодження, розмірний аналіз, планіровка механоскладальної ділянки, результати дослідження на міцність деталі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Сердюк О.В.		18.10 
Економічна частина	К.е.н., проф. Лесько О.Й.	10.10 	10.11 

7. Дата видачі завдання 24 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

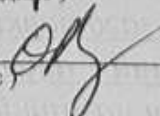
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Підпис
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 25.10.2024	
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2024	
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2024	
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2024	
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2024	
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2024	
	<i>Прохідження рубіжного контролю</i>	до 25.11.2024	
	Попередній захист МКР	до 02.12.2024	
	Перевірка роботи плагіат	до 04.12.2024	
	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2024	
	Рецензування МКР	до 13.12.2024	
	Захист МКР	до 25.12.2024	

Студент


 (підпис)

Мазурін В.В.

Керівник роботи


 (підпис)

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

Мазурін В.В.. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Корпус 41.01". – Вінниця: ВНТУ, 2024 - 132с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки та розраховано оптимальні режими обробки, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована ділянка механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

В економічній частині розраховано собівартість виготовлення деталі та термін окупності такого проекту.

Ключові слова: маршрут механічної обробки, напруження, технологічність деталі, деформації.

ABSTRACT

Mazurin V.V.. There is a refinement of the technological process of mechanical processing of a workpiece of the “Case 41.01” type. – Vinnytsia: VNTU, 2024 - 132 p. RPZ, 10 arches, A1 format.

In this work, the modernization of the technological process of mechanical machining was carried out and the optimal modes of machining were identified, as well as: an analysis of the design and manufacturability of the part was carried out, a method of preparing the workpiece was selected, and the design was designed modernization of the route of mechanical processing of parts on benches with CPM with a small change in operation, a dimensional analysis of the technological process and the establishment of technological dimensions, dimensions of allowances and workpieces, determined modes of slaughter according to optimization, a mechanical processing plant was designed; The program for the CNC machine tool has been expanded; separate approaches to safety and security in emergency situations in a mechanical processing plant. The graphic part has been broken up.

In the economic part, the cost of manufacturing the part and the payback period of such a project are calculated.

Keywords: machining route, stress, manufacturability of the part, deformations.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КОРПУС 41.01».....	7
1.1 Надійність деталей	7
1.2 Моделювання деталі корпус 41.01.....	9
1.3 Оптимізація режимів різання.....	14
1.4 Моделювання процесу механічної обробки корпусу 41.01.....	15
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	18
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	18
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	22
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	25
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	37
2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.....	39
2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз.....	40
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	44
2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	47
2.9 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.....	51
2.10 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів.....	56
2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	66
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	69
3.1 Уточнення виробничої програми	69

3.2 Визначення кількості обладнання.....	69
3.3 Визначення кількості працюючих на	71
3.4 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху....	73
3.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту.....	74
3.6 Розробка плану розташування обладнання.....	75
3.7 Проектування допоміжних відділень цеху.....	75
3.8 Організація та обслуговування робочого місця.....	78
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	81
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84
4.3 Розрахунок витрат.....	89
4.4 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	97
4.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	97
ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107
ДОДАТКИ.....	110
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи наявність текстових запозичень.....	111
Додаток Б (довідниковий) Керуюча програма	112
Додаток В (обов'язковий) Графічна робота.....	117

ВСТУП

Актуальність. Машинобудування – є важливою галуззю промисловості України. З його розвитком підвищується якість машин, приладів, механізмів, скорочуються строки виготовлення. Це все залежить від досконалості технологій. Ефективність машинобудування розвивається з вдосконаленням сучасних технологій, і спрямоване на підвищення швидкості обробки та скорочення основного та допоміжного часу на обробку.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 41.01» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус 41.01»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 41.01»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;

- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;

- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 41.01».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 41.01»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика визначення точності обробки на прикладі остаточного (тонкого) розточування головного отвору в заготовці корпусної деталі на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 41.01» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2021 р.)

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

- Вплив режимів обробки на собівартість механічної обробки деталі типу корпус [Електронний ресурс] / Мазурін В.В., Леонтьєв В.І. // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», м. Вінниця.

1 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

«КОРПУС 41.01»

1.1 Надійність деталей

Надійність деталей — один із ключових аспектів забезпечення функціональності, довговічності та ефективності будь-якого технічного пристрою чи машини. Цей параметр характеризує здатність деталі виконувати задані функції впродовж визначеного часу без збоїв і пошкоджень. Надійність стає критично важливою в різних галузях, таких як авіація, автомобілебудування, енергетика, медична техніка та багато інших.

Основні аспекти важливості надійності деталей

1. Безпека Надійність деталей безпосередньо впливає на безпеку експлуатації техніки. Наприклад, в автомобілях чи авіаційній техніці відмова однієї деталі може спричинити серйозні аварії або навіть загрозу життю людей. Тому контроль і забезпечення надійності є невід'ємною частиною проектування та виробництва.

2. Економічна ефективність Висока надійність деталей дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування, ремонт і заміну. В умовах промислового виробництва це означає скорочення простоїв обладнання, зменшення витрат на запасні частини та зниження загальних експлуатаційних витрат.

3. Довговічність та продуктивність Надійні деталі забезпечують стабільну роботу машин і механізмів протягом тривалого часу. Це особливо важливо для виробництв із безперервним циклом роботи, де кожна хвилина простою може призвести до значних фінансових втрат.

4. Репутація виробника. Виробники, які гарантують високу надійність своєї продукції, отримують довіру споживачів і зміцнюють свою конкурентну позицію на ринку. Надійність деталей стає одним із ключових факторів при виборі обладнання чи техніки.

Методи забезпечення надійності деталей:

1. **Якісне проектування** Якісне проектування включає всебічний аналіз умов експлуатації, врахування можливих навантажень, температурних режимів та інших факторів, які впливають на довговічність деталі. Крім цього, важливим є використання сучасних інженерних методів, таких як комп'ютерне моделювання (CAE), аналіз методом кінцевих елементів (FEA) та прогнозування зношування. На етапі проектування також враховується можливість використання уніфікованих компонентів для зниження вартості та спрощення обслуговування, а також забезпечення технологічності виготовлення деталі.

2. **Використання високоякісних матеріалів** Вибір матеріалів із потрібними механічними, фізичними та хімічними властивостями є ключовим для забезпечення надійності.

3. **Технологічний контроль** На етапі виробництва впроваджуються суворі стандарти якості, контроль дефектів і точності виготовлення деталей.

4. **Тестування та сертифікація** Перед випуском продукції проводяться випробування деталей у реальних або наближених до реальних умовах експлуатації.

5. **Обслуговування та моніторинг** Регулярне технічне обслуговування та моніторинг стану деталей під час експлуатації дозволяють своєчасно виявити та запобігти можливим збоям.

Надійність деталей є критичним фактором для успішного функціонування технічних систем. Вона забезпечує безпеку, економічну ефективність, довговічність та конкурентоспроможність продукції. В сучасних умовах глобальної конкуренції та зростання вимог до технічних характеристик обладнання питання забезпечення надійності стає особливо актуальним. Інвестування в якісне проектування, матеріали та технології — це запорука створення продукції, яка відповідає високим стандартам і потребам ринку.

Довговічність деталей — це здатність зберігати функціональність і працездатність протягом тривалого періоду експлуатації в умовах нормального або екстремального навантаження. Цей параметр є одним із ключових факторів у забезпеченні ефективності та економічності роботи технічних систем. Довговічність

стає критично важливою в галузях, де збої чи відмови можуть спричинити серйозні наслідки, таких як авіація, автомобілебудування, енергетика та медична техніка.

Фактори, що впливають на довговічність деталі

1. **Матеріали** Якість та характеристики матеріалів, з яких виготовлена деталь, значною мірою впливають на її довговічність. Матеріали повинні мати стійкість до корозії, зношування, високих температур та механічних навантажень.
2. **Проектування** Ретельне проектування деталей з урахуванням умов експлуатації та можливих навантажень дозволяє мінімізувати ризик передчасного зносу або пошкоджень.
3. **Технології виробництва** Використання сучасних технологій виготовлення, таких як термічна обробка, точне лиття або механічна обробка, забезпечує високу якість деталей і зменшує кількість дефектів.
4. **Умови експлуатації** Вплив зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, агресивні хімічні середовища або високі механічні навантаження, може суттєво скоротити термін служби деталі.
5. **Технічне обслуговування** Регулярне обслуговування, включаючи очищення, мастило та заміну зношених компонентів, значно подовжує термін служби деталей.
6. **Моніторинг та діагностика** Використання сучасних засобів моніторингу стану деталей (сенсори, системи контролю) дозволяє вчасно виявляти проблеми та запобігати критичним відмовам.

1.2 Моделювання деталі корпус 41.01

Для отримання моделі деталі використано програму Solid works

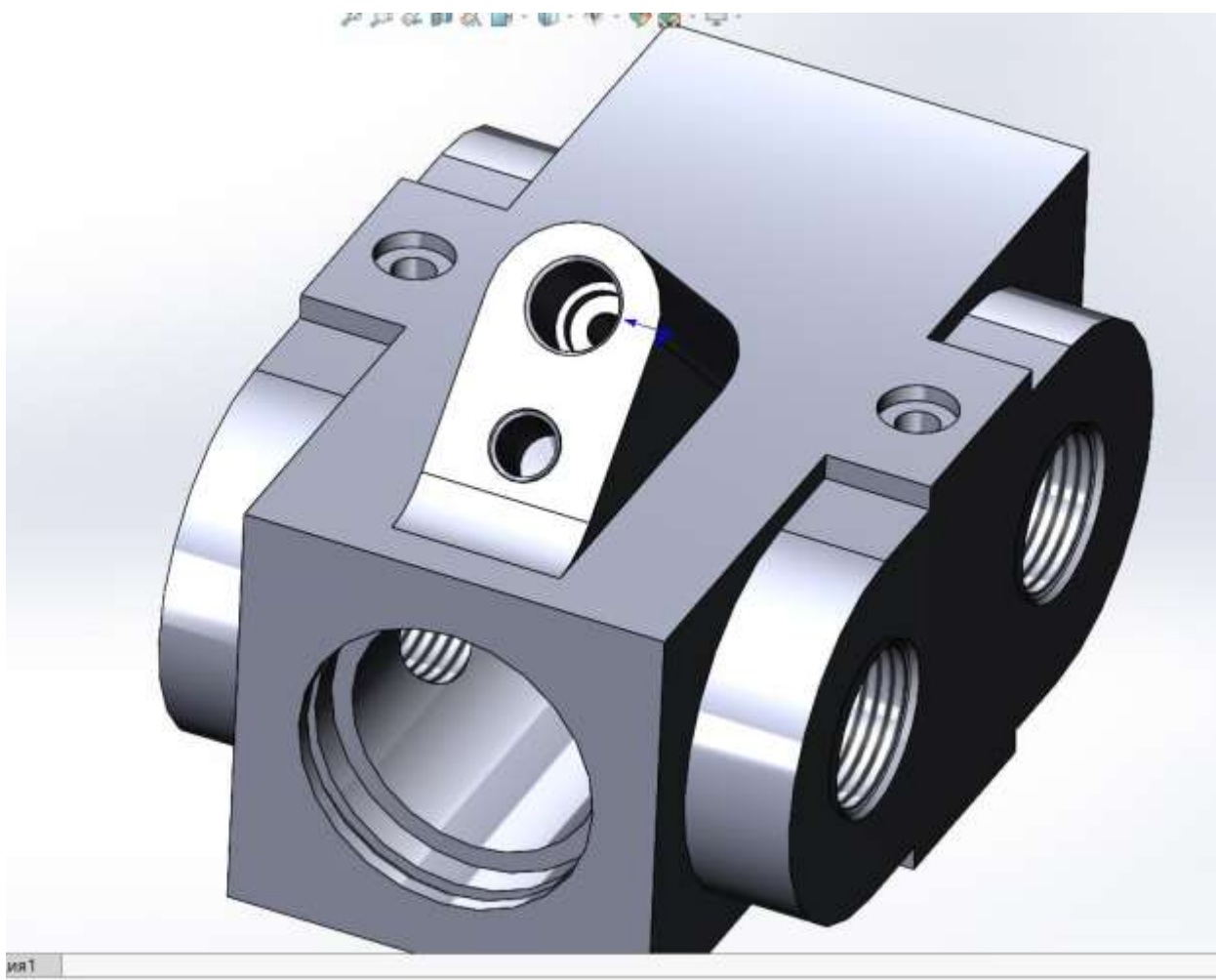
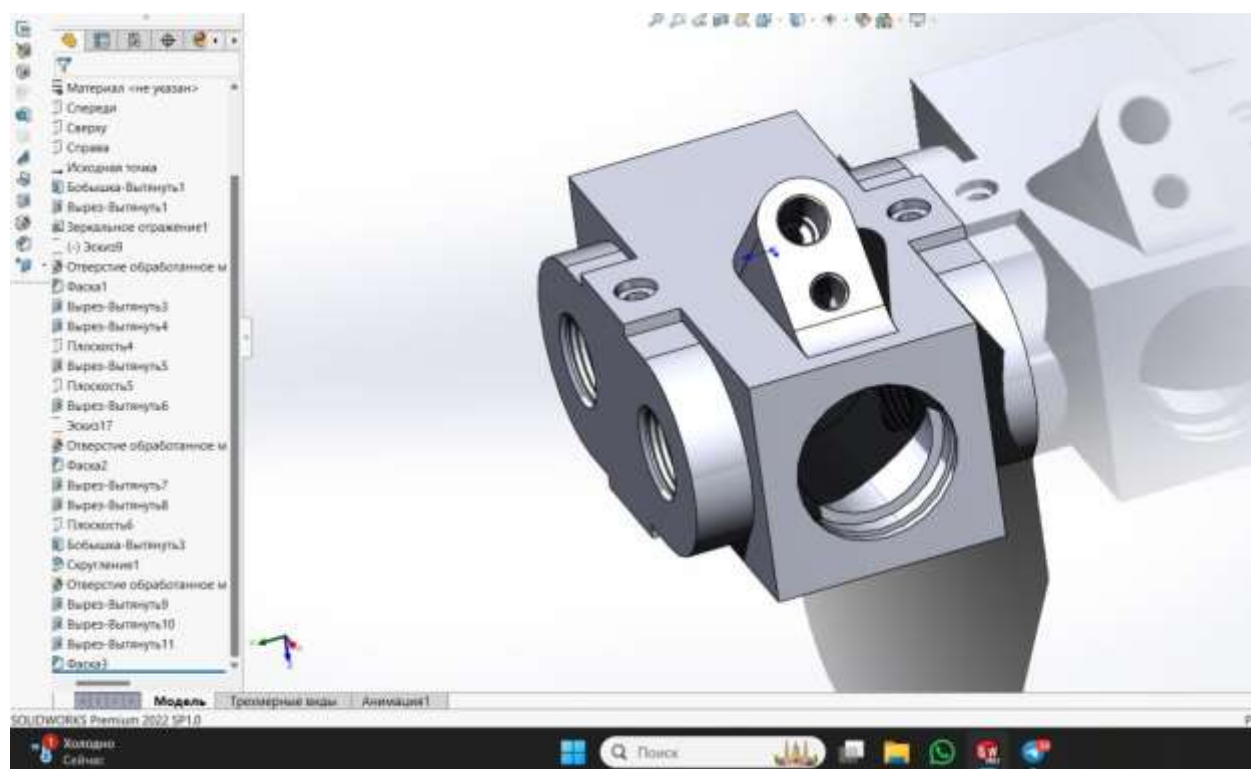


Рисунок 1.1 – Твердотільна модель деталі Корпус 41.01

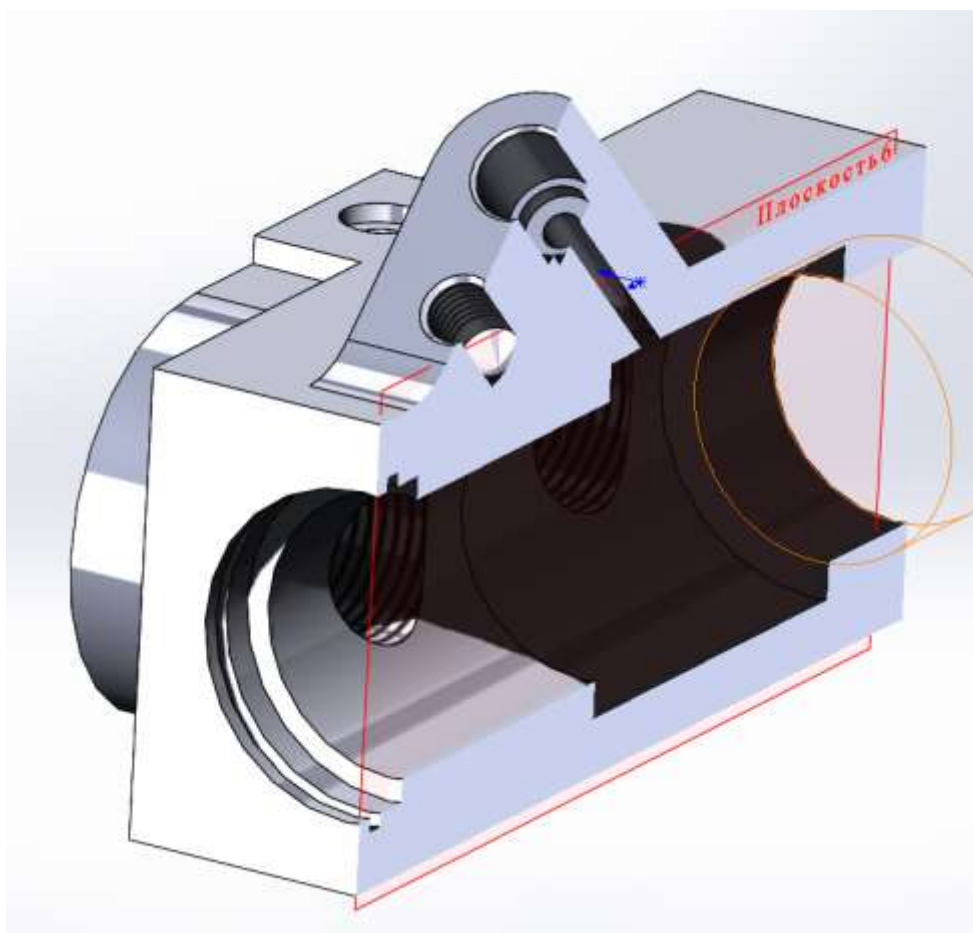
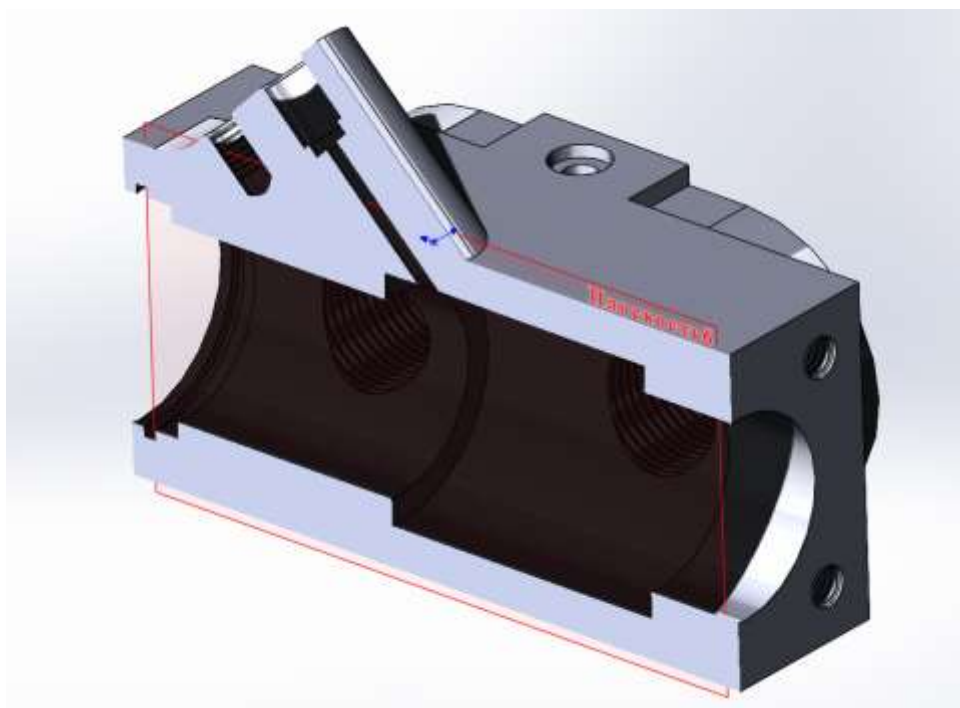


Рисунок 1.2 –Переріз деталі Корпус 41.01

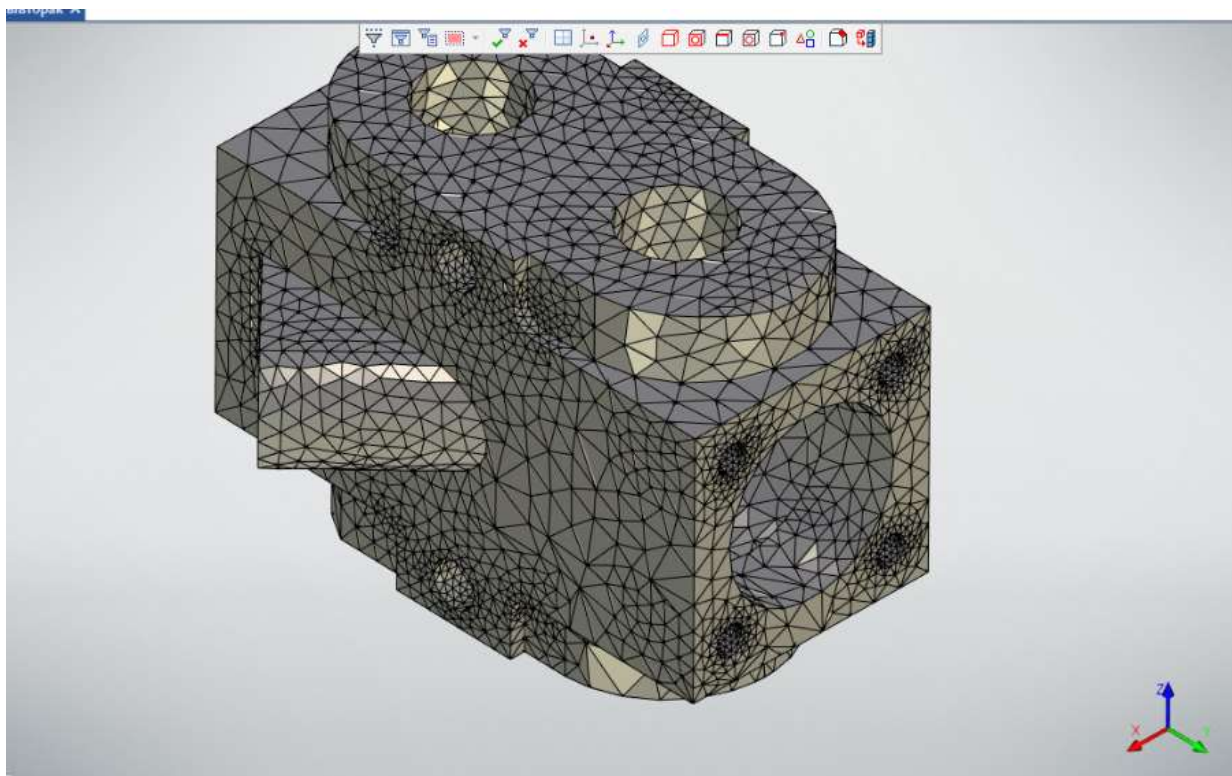


Рисунок 1.3- Розбиття деталі на кінцево-елементні частинки

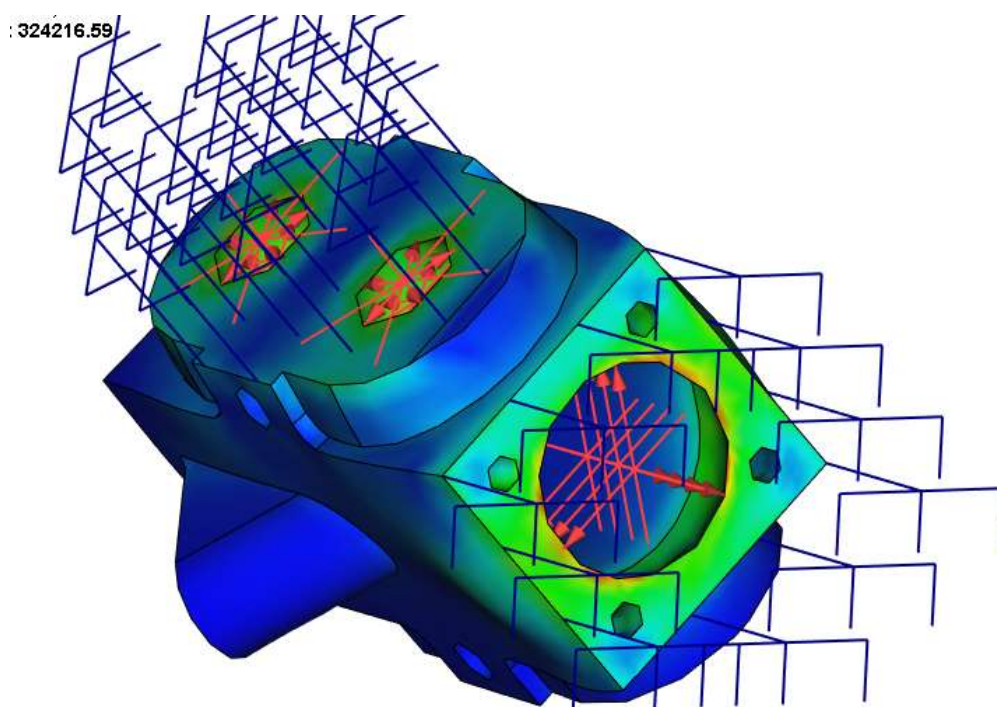


Рисунок 1.4– Еквівалентні напруження

Результат
напряжений, МПа
модель: 777270.12

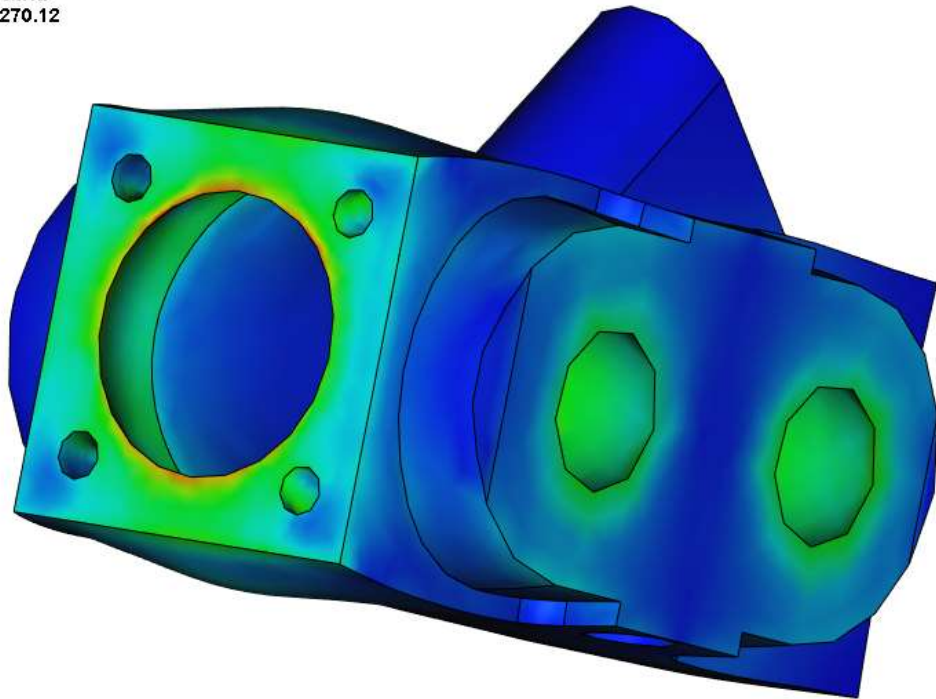


Рисунок 1.5 - Інтенсивність напружень

Результат
главные деформации 3
модель: 777270.12

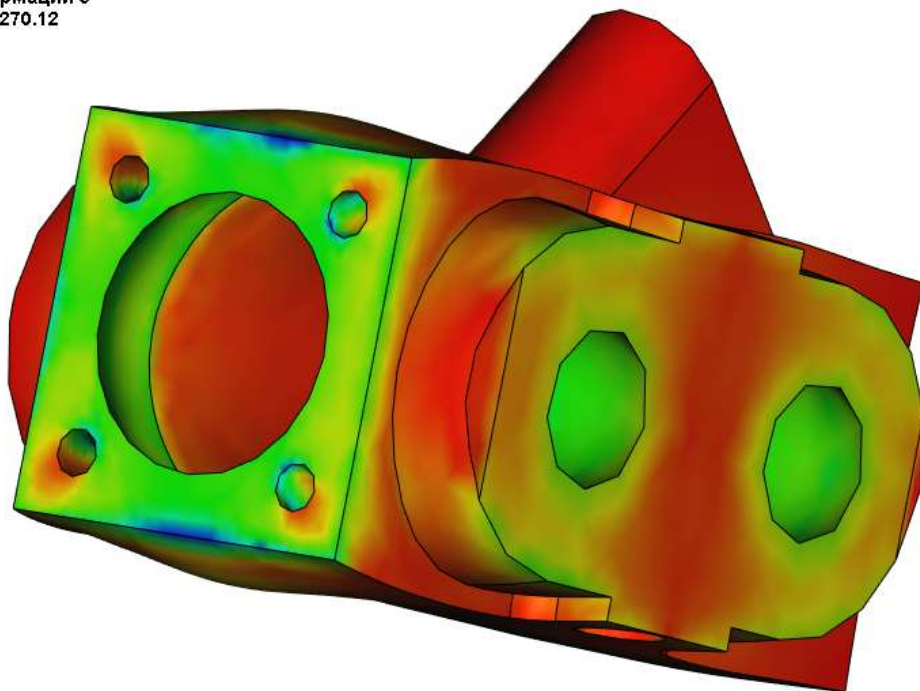


Рисунок 1.6 - Головні нормальні деформації

Таке моделювання дало змогу дослідити деталь на стійкість , та зменшити

металоємність деталі, а отже зменшити її вартість. Зокрема було зменшено товщину стінок корпуса, що дозволить деталі виконувати своє функціональне призначення, проте її вартість суттєво зменшиться.

1.3 Оптимізація режимів різання

Оптимізація режимів різання — це процес підбору найкращих параметрів різання для забезпечення ефективної роботи технологічного обладнання, підвищення якості оброблюваної деталі та зменшення витрат. До основних параметрів, які враховуються під час оптимізації, належать швидкість різання, подача, глибина різання та вид мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

Значення оптимізації режимів різання

1. Підвищення продуктивності Вибір оптимальних режимів дозволяє значно скоротити час обробки деталі, що сприяє збільшенню продуктивності виробництва.

2. Покращення якості поверхні Контроль параметрів різання забезпечує отримання необхідної точності та шорсткості обробленої поверхні, що є важливим у багатьох галузях промисловості.

3. Зменшення зносу інструменту Режими різання, що відповідають матеріалу заготовки та умовам обробки, сприяють зниженню навантаження на ріжучий інструмент і подовжують його строк служби.

4. Економія ресурсів Правильно підібрані режими дозволяють мінімізувати витрати енергії, матеріалів та мастильно-охолоджувальних рідин.

Основні фактори, що впливають на оптимізацію

1. Матеріал заготовки Властивості матеріалу, такі як твердість, міцність, теплопровідність, впливають на вибір швидкості різання, подачі та глибини різання.

2. Тип інструменту Матеріал, геометрія та покриття ріжучого інструменту визначають його здатність витримувати навантаження та температуру під час різання.

3. Обладнання Жорсткість, потужність і швидкісні характеристики верстата обмежують можливі режими різання.

4. Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) Використання МОР дозволяє зменшити тертя, відводити тепло та збільшувати термін служби інструменту.

5. Умови обробки Вплив зовнішніх факторів, таких як температура навколишнього середовища та вібрації, також слід враховувати при визначенні параметрів різання.

Методи оптимізації

1. Емпіричні методи Включають використання рекомендацій з довідників та стандартів, що базуються на багаторічному досвіді обробки різних матеріалів.

2. Математичне моделювання Використання математичних моделей дозволяє прогнозувати вплив параметрів різання на продуктивність, знос інструменту та якість обробки.

3. Експериментальні дослідження Проведення випробувань із різними режимами різання допомагає визначити оптимальні параметри для конкретного випадку.

4. Комп'ютерне моделювання Сучасні програми, такі як CAD/CAM-системи, дозволяють моделювати процес різання та знаходити оптимальні режими за допомогою симуляцій.

Оптимізація режимів різання є важливим етапом у технологічній підготовці виробництва. Вона дозволяє підвищити ефективність, зменшити витрати та забезпечити високу якість продукції. Використання сучасних методів і технологій для оптимізації параметрів різання стає обов'язковим у конкурентному виробничому середовищі.

1.4 Моделювання процесу механічної обробки корпусу 41.01

Для отримання моделі процесу механічної обробки використано програму Solid works

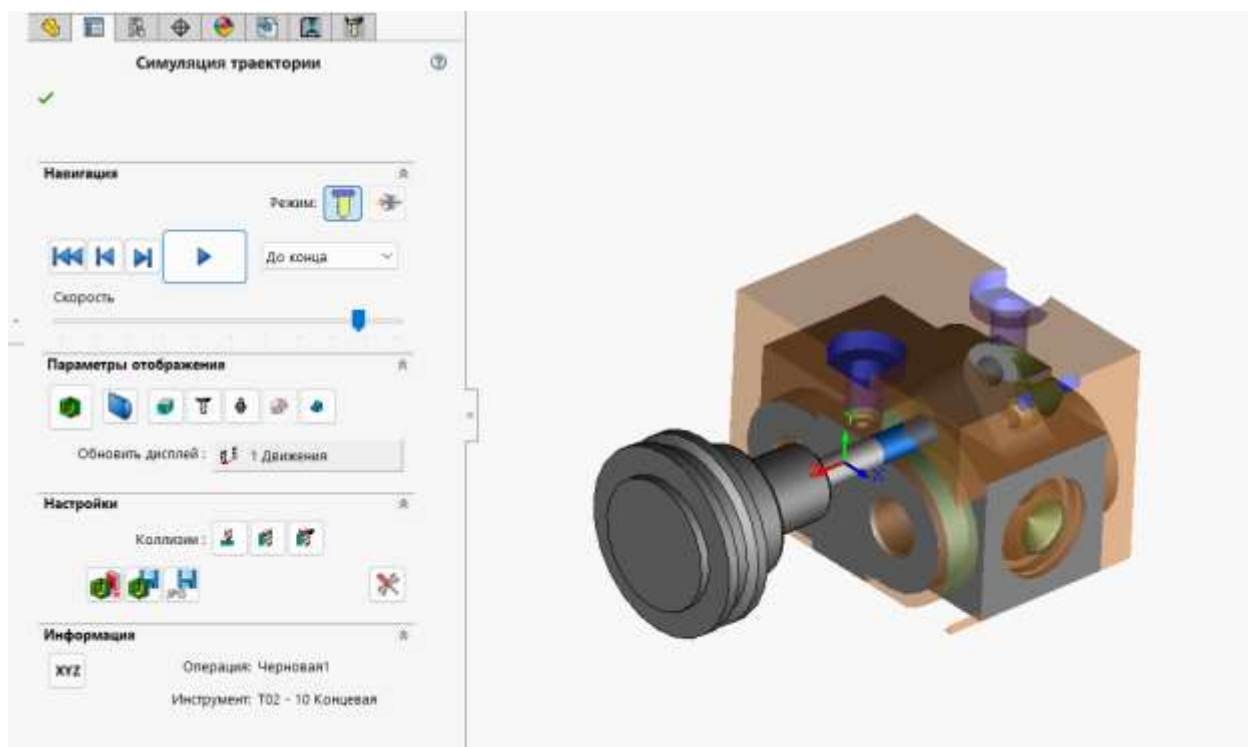


Рисунок 1.7 – Фрезерования по контуру

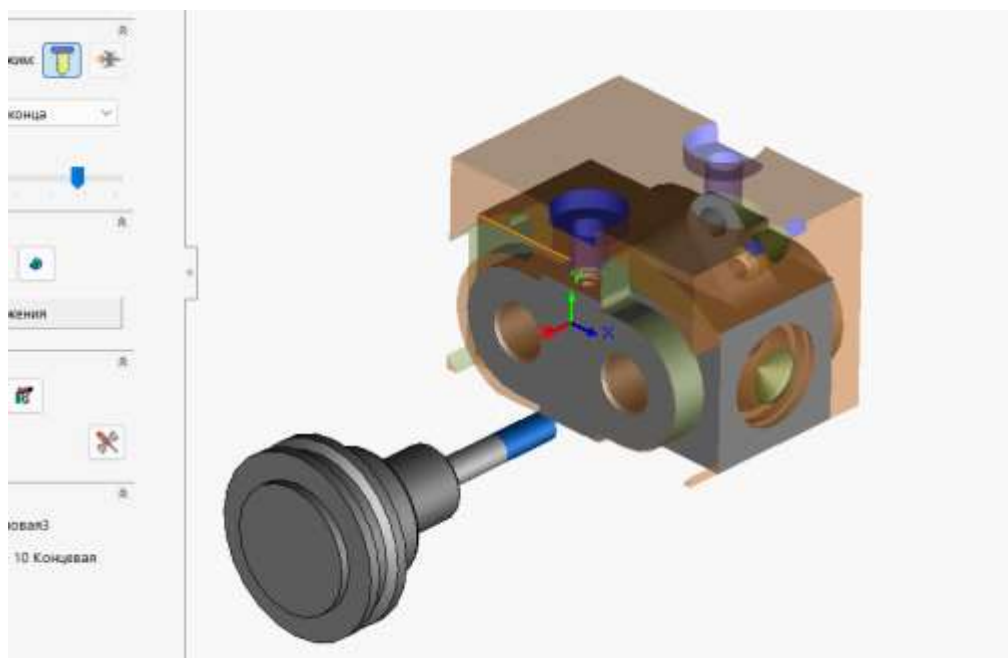


Рисунок 1.8 – Фрезерования по контуру виступу

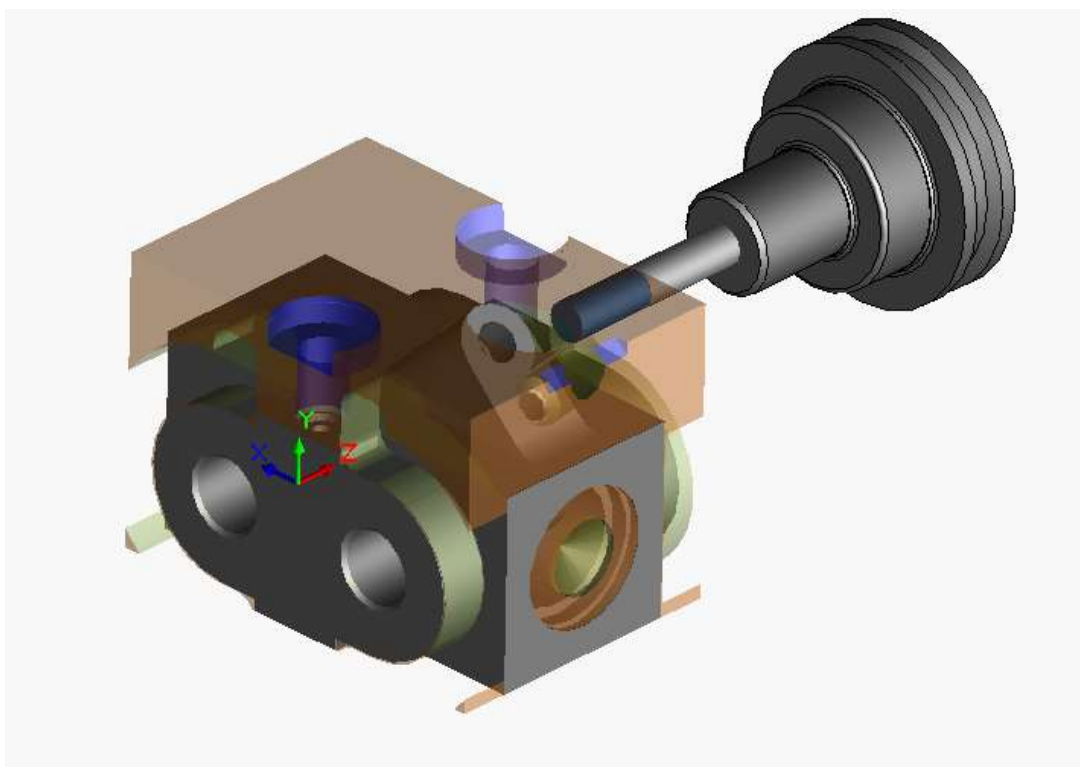


Рисунок 1.9- Фрезерування корпусу

Комп'ютерне моделювання дозволило оптимізувати режими обробки та отримати програму для верстата з ЧПУ.

Комп'ютерне моделювання є одним із найпотужніших інструментів у процесі оптимізації режимів різання. Сучасні програмні комплекси, такі як CAD/CAM/CAE-системи, дозволяють не лише моделювати процес різання, але й враховувати складні фізичні явища, такі як тертя, теплопровідність, деформації та динамічні навантаження. За допомогою методу кінцевих елементів (FEA) можна прогнозувати напруження і знос інструменту, а також аналізувати взаємодію між інструментом і заготовкою. Комп'ютерні симуляції дають змогу швидко оцінювати вплив змін параметрів різання на якість обробки та ресурс інструменту, що значно зменшує потребу у проведенні дорогих експериментів. Також моделювання допомагає враховувати реальні умови виробництва, такі як вібрації верстата чи нерівномірність матеріалу заготовки, для досягнення найкращих результатів.

РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Корпус 41.01” і занесені до таблиці 2.1, це:

- розточування попереднє отворів Ø35
- свердління та зенкерування отвору під різь М20
- фрезерування торцю
- свердління та розвертання отворів Ø9.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад для розточування поверхні Ø35 довжиною 66:

$$T_{осн} = 0,21 \cdot 35 \cdot (45 + 15) \cdot 0,001 = 0,44 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається $T_{шт-к}$, як добуток основного часу і коефіцієнта φ_k :

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \text{ [хв]} \quad (2.2)$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{шт-к} = 0,44 \cdot 1,84 = 0,81 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (2.3)$$

де $N = 3000$ шт. – річна програма випуску деталі “Корпус 41.01”;

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2040$ год);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$).

Відповідно, наприклад для точіння поверхні $\varnothing 35$ необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 3000 \cdot 0,81 / 60 \cdot 2040 \cdot 0,75 = 0,03$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При точінні поверхні Ø35 він рівен 0,03.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці можна визначити за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}} \quad (2.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Наприклад, при обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,03 = 28,28$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$

$$\sum O_i = 28,28 + 12,6 + 24,96 + 6,7 = 72,5$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 4$

Коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ відповідно складатиме:

$$K_{3,0}=72,5/4=18,13$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст техно- логічних операцій	Т _{ос} , хв	фк	Т _{шт.к.} , хв	N	Ср	P	h з.ф.	O
1.	Розточування отворів Ø35	0,44	1,84	0,81	3000	0,03	1	0,03	28,28
2.	Свердління та зенкерування отвору під різь M20	0,99	1,84	1,82	3000	0,06	1	0,06	12,6
3.	Фрезерування торця	0,5	1,84	0,92	3000	0,03	1	0,03	24,9
4	Свердління та розвекртання отвору	1,86	1,84	3,43	3000	0,4	1	0,4	6,7
	Всього						4		72,5

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_{∂} і розрахункової добової продуктивності лінії Q_{∂} . Якщо $N_{\partial} < Q_{\partial}$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

$$N_{\partial} = \frac{N}{254}, \quad (2.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-\kappa_{сер}} \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де $T_{шт-\kappa_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-\kappa_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-\kappa_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.8)$$

де $T_{шт-\kappa_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-\kappa_i} = (0,81 + 1,82 + 0,92 + 3,43) / 4 = 1,75 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{1,75 \cdot 0,8} = 436,39$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{3000}{254} = 11,81$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 70,87$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.10)$$

$$c = \frac{1,75 \cdot 71}{476 \cdot 0,75} = 0,32$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к.сп}}} \quad (2.11)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,75} = 218 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 218 шт. Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 218 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь має відносно складну форму, із розташуванням ряду внутрішніх отворів.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення геометричної форми та розміщення поверхонь більші за відповідні показники верстатів – це дає можливість забезпечити вимоги точності на даному обладнанні

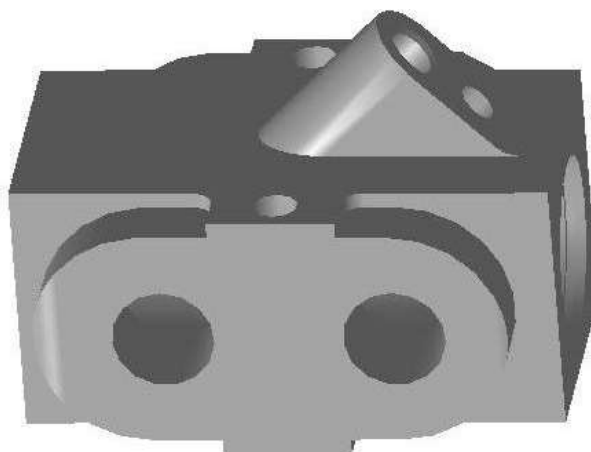


Рисунок 2.1 – Корпус

Більшість розмірів даного креслення можуть безпосередньо вимірюватись за допомогою універсального вимірювального обладнання, окрім наступних: допуски співвісності та перпендикулярності, на цю контрольну операцію необхідно виготовити спеціальний вимірювальний пристрій або стенд

Отже основними конструкторськими базами є внутрішні отвори, відповідно вони є найбільш навантажені. Тому саме ці поверхні мають бути найбільш точними.

Крім того основні та допоміжні конструкторські бази сприймають максимальні навантаження.

Деталь корпус має досить складну форму. До нетехнологічних елементів відносяться отвори 10H8 та M8 розташовані під кутом, та відповідна площадка. Оскільки вони вимагають окремого пристосування для закріплення деталі при їх обробці.

Крім того нетехнологічними є і отвори M6, які є глухими, що призводить до ускладненого виведення стружки і нагріву інструменту.

В якості технологічних баз може бути використано площину та два отвори Ø9H8.

До найбільш точних поверхонь відносяться отвори Ø30H7, Ø35H7 та Ø9H8.

Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції. А поверхні з підвищеними вимогами точності мають отримуватися на шліфувальних верстатах, або верстатах з підвищеними вимогами точності.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Оскільки матеріал заготовки – сталь СЧ-18, що має досить гарні ливарні властивості, тому метод виготовлення заготовки обираємо лиття.

Лиття в піщано-глинясті форми -це найбільш розповсюджений спосіб лиття. Можна отримати відливки різноманітної конфігурації і маси. Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Собівартість виготовлення виливків мінімальна, але витрати на механічну обробку найбільші із усіх інших методів. Враховуючи, що тип виробництва даної деталі – дрібносерійне, то робимо висновок, що даний спосіб виготовлення використовувати вигідно з точки зору серійності виробництва, даний спосіб є найдешевшим і добре підходить для виготовлення даної заготовки.

При використанні лиття в оболонкові форми можна досягти точність розмірів, що відповідає 12-му квалітету і параметр шорсткості Rz 20...10. При цьому зменшується об'єм обрубних і очисних робіт, витрати металу, скорочується об'єм

механічної обробки. Процес може бути повністю механізований. Однак необхідно передбачити вартість зв'язуючої речовини. Тобто виробництво потребує великих затрат на оснащення. При даному дрібносерійному виробництві ці затрати не досить вагомі, однак розглядаємий варіант способу лиття є можливим і доцільним для виготовлення деталі, що вказана за умовою.

Лиття по виплавним моделям хоч і дозволяє збільшити номенклатуру виготовлення деталі та дає досить точний результат, однак в даному випадку недоцільний, оскільки при цьому необхідно виготовляти разову модель для кожного виливка, тому при дрібносерійному виробництві затрати при такому методі лиття не оправдовують себе.

Лиття в кокіль дозволяє багатократно використовувати металеву форму – кокіль. Досить розповсюджений і дешевий спосіб. В результаті можна отримувати стабільні і точні розміри виливків. Досить висока швидкість кристалізації, що підвищує механічні властивості виливка. Але висока вартість виготовлення самої форми і серійність виробництва дає змогу судити про цей спосіб як про недоцільний для виробництва даної деталі з економічної точки зору.

Відцентрове лиття дозволяє отримати високу густину металу виливка, підвищується рідкотекучість, майже відсутні затрати на виготовлення стержнів. Однак внаслідок даного способу лиття необхідний великий об'єм послідовної механічної обробки, що є не бажано при дрібносерійному типі виробництва.

Лиття під тиском забезпечує високу точність розмірів виливка та малі шорсткості. Однак потрібно врахувати, що присутня складність виготовлення прес-форми, її висока вартість і невелика стійкість. Можливе виникнення залишкових напружень, що може мати відображення на подальшій обробці. Також такий матеріал, як сталь, при такому способі лиття не бажано використовувати, тому робимо висновок про недоцільність застосування лиття під тиском для заданої умови задачі.

Найбільш оптимальними способами лиття для даної заготовки є: лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та лиття за виплавними моделями, оскільки лиття в кокіль, вимагає використання додатково облицювання

кокіля, що призведе до здорожчання заготовки, відцентрове лиття не дасть можливості отримати ступінчастий отвір, оболонкові форми більш дорогий спосіб ніж лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 3.1 та 3.2 відповідно для операцій лиття в піщано-глинисті форми та лиття за виплавними моделями.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням виготовлення виливок матиме конфігурацію показану на рисунку 3.1.

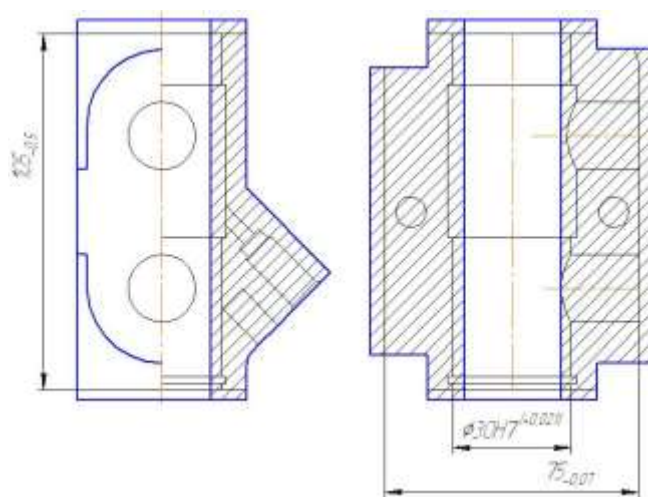


Рисунок 2.6 – Конфігурація виливка отриманого литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

В залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру деталі -105мм, та типу сплаву (нетермооброблюваний чорний) обираємо діапазон значень, із яких визначатимемо відповідне оптимальне число. Враховуючи, що тип виробництва –серійне, то серед рекомендованих за ГОСТ 26645-85 значень обираємо серед більших із них.

Для лиття в піщано-глинисті форми із машинним формуванням рекомендовано 7т-11, отже приймаємо для серійного виробництва 9 клас розмірної точності. Для лиття за виплавними моделями рекомендовано 5т-9т, прийнято відповідно 7т

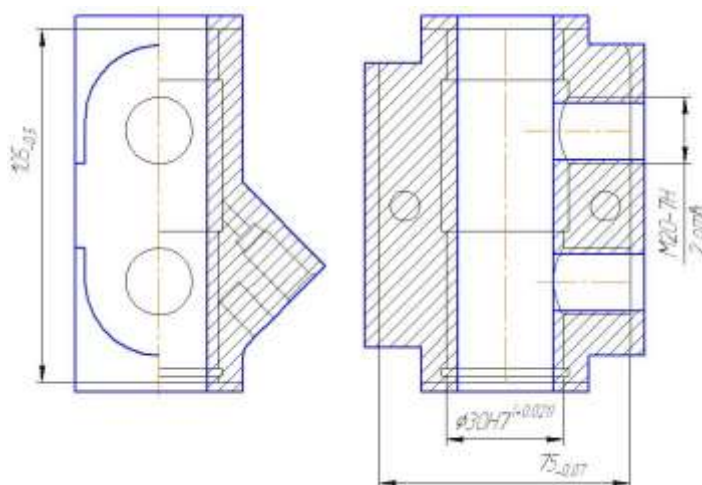


Рисунок 2.7 – Конфігурація виливка отриманого литтям за виплавними моделями

Таблиця 2.2 - Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і вологістю до 2,8%

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято
Клас розмірної точності	7т-11		9
Ступінь жолоблення елементів виливка	5-8		7
Ступінь точності поверхонь виливка	9-16		12
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 25 мкм		Ra = 25 мкм
Клас точності маси	5-13т		9т
Ряд припусків	4-7		6
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
Допуски:			
розмірів	2,4	2,2	1,8
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	1,6	1,6	
зміщення через перекося стержня			1,0
маси	10		
нерівностей	0,64		
загальний допуск	2,4	2,4	2,2
Припуски:			

мінімальний	0,6		
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
	Кількість переходів механічної обробки		
за точністю розмірів	1	3	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	--
прийнята кількість переходів	1	3	4
загальний припуск	2,1	3,3	3,4
Розміри заготовки	109,2	81,6	Ø23,2

Таблиця 2.3 - Лиття за виплавними моделями

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято	
Клас розмірної точності	5т-9т		7т	
Ступінь жолоблення елементів виливка	5-8		6	
Ступінь точності поверхонь виливка	5-10		7	
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 8 мкм		Ra = 8 мкм	
Клас точності маси	4-11т		7	
Ряд припусків	2-5		4	
Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
Допуски:				
розмірів	1,0	0,9	0,7	0,64
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	0,64	0,64		
зміщення через перекося стержня			0,4	0,4
маси	6,4			
нерівностей	0,2			
загальний допуск	1,1	1,1	0,9	0,8
Припуски:				
мінімальний	0,4			

Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
	Кількість переходів механічної обробки			
за точністю розмірів	1	3	4	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	3	4	4
загальний припуск	1,2	1,6	1,6	1,5
Розміри заготовки	107,4	78,2	26,8	17

Ступінь жолоблення елементів виливка. 10 мм — найменший, 105 мм — найбільший, їх співвідношення становитиме

$$10/105=0,095$$

І якщо на робочому кресленні твердість не вказана, то це значить, що термічна обробка попередньо не відбувалася, форми разові. Значить отримаємо певний діапазон значень 5-8. Оскільки даний матеріал – чавун, то обираємо більші числа із проміжку: 7, при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням, та 6 – при за виплавними моделями.

Ступінь точності поверхонь виливка обираємо у відповідності до технологічного процесу лиття, враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 105 мм, тип сплаву – чавун, не відбувалася попередня термічна обробка. Значить в результаті отримаємо діапазони: при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням 9-16, та 5-10– при литті за виплавними моделями. Приймаємо 12 та 7 ступінь точності відповідно

Шорсткість поверхонь виливка обираємо згідно із попередньо визначеним ступенем точності поверхонь. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням ступінь точності складає 12 відповідно шорсткість 25 мкм, при литті за виплавними моделями ступінь точності складає 7 відповідно шорсткість 8,0мкм.

Клас точності маси приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса виливка становить 1,67 кг. Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням інтервал 5-13т приймаємо 9т, та при за виплавними моделями 4-11т (приймаємо 7.

Ряд припусків приймаємо згідно із ступенем точності поверхні. Враховуючи, що матеріал – чавун і температура плавлення досить висока, то приймаємо середні значення і вказаних проміжків 6 і 4 при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та при литті за виплавними моделями відповідно.

Допуски розмірів виливка вибираємо у відповідності з номінальним розміром деталі та вже отриманих необхідних класів точності.

Допуски форми чи розміщення встановлюємо згідно із отриманими номінальними розмірами та ступенем жолоблення елементів виливка. Зазначимо, що за номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливка, для якого регламентується відхилення форми і розташування поверхні.

Допуски зміщення по площині роз'єму встановлюється по відповідному класу розмірної точності для найбільш тонкої стівки виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 1,62 та 0,64 мм відповідно.

Допуск зміщення через перекіс стержня приймаємо на 1 клас точніше класу розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю стержня, а саме $(50-30)/2=10$ мм. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним складає 1,0 та для лиття за виплавними моделями 0,4 мм відповідно.

Призначаємо в залежності від маси виливка та класу точності маси. Оскільки на даному етапі маса виливка ще невідома, то її визначаємо наближено за масою деталі $Q_{дет}$ та коефіцієнтом використання матеріалу заготовки γ , що для лиття в піщано-глинисті форми дорівнює 0,75 та $Q_{дет}$ при цій операції рівне 1,67 кг. Тоді $Q_{заг} = 1,67/0,75=2,2$ кг. Отже маса лежить у проміжкові від 1 до 4 кг У відповідності з цими

числами обираємо необхідні нам дані. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 10% та 6,4% мм відповідно.

Допуск нерівностей вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь виливка, тобто в залежності від вибраної шорсткості.

Загальний допуск в даному випадку враховуємо сумарний вплив допуску розміру і допусків форми чи розміщення поверхні та приймаємо у відповідності до двох найбільших значень, отриманих із усіх попередніх величин допусків різних параметрів.

Мінімальний припуск приймаємо згідно з рядом припусків, що попередньо обрані. Для всіх поверхонь однаковий і призначається для усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості у відповідності за ГОСТ 26645-85.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 0,6 та 0,4 мм відповідно.

Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками розміру деталі і виливка $T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}$. При цьому допуск розміру виливка ми обирали попередньо та заносили значення у таблицю. Допуск розміру деталі знаходимо на робочому кресленні деталі. Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде:

$$105 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,5/2,4=0,208;$$

$$75 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,07/2,2=0,031;$$

$$\varnothing 30 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,021/1,8=0,012;$$

І також для операції лиття за виплавними моделями:

$$105 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,5/1,0=0,5;$$

$$75 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,07/0,9=0,078;$$

$$\varnothing 30 - T_{\text{розм.дет.}}/T_{\text{розм.вил.}}=0,021/0,7=0,03;$$

$$M20 \text{ Трозм.дет./Трозм.вил} = 0,021/0,64 = 0,033$$

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі.

Приймаємо в залежності від допуску розміру вилівка та співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі та вилівка: $T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}$

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки за більшим числом у порівнянні із двома попередніми пунктами.

Загальний припуск обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків. Всі ці показники попередньо визначені і за допомогою вже вказаних параметрів обираємо остаточні результати.

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу вилівка, товщини спряжених стінок і кута, що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам із [Руденко, ст. 65].

Їм відповідають наступні радіуси заокруглень для чавуна при діапазоні кутів $75...105^\circ$: 1) $r = 5\text{мм}$, 2) $r = 5\text{мм}$,

Призначаємо на вертикальних стінках поверх припуску на механічну обробку. Необхідні величини нахилів для обраних операцій вибираємо із таблиці нормованих значень. Вибираємо в залежності від висоти формоутворювальної поверхні та способу лиття. Отже на ділянці 105мм нахил складатиме $4^\circ 34'$.

Мінімальна товщина стінок призначається так, щоб забезпечити необхідну розрахункову міцність і задовольнити потребам технології обраного способу лиття. Найменшу товщину стінок вибираємо по [Руденко, ст. 57], в залежності від приведенного габариту заготовки, який обраховуємо за наступною формулою:

$$N = \frac{2l + b + h}{4} = \frac{2 \cdot 105 + 75 + 75}{4} = 90$$

мм, цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 8\text{мм}$.

Мінімальний діаметр стінки визначаємо за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s \text{ [мм]}$$

При $d_0=7\text{мм}$ – для чавуна і $s=75/2-30/2=22,5\text{мм}$, значення мінімального діаметра буде дорівнювати:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s = 7 + 0,1 \cdot 22,5 = 9,25(\text{мм}).$$

Отже отвір М20 буде проливатися.

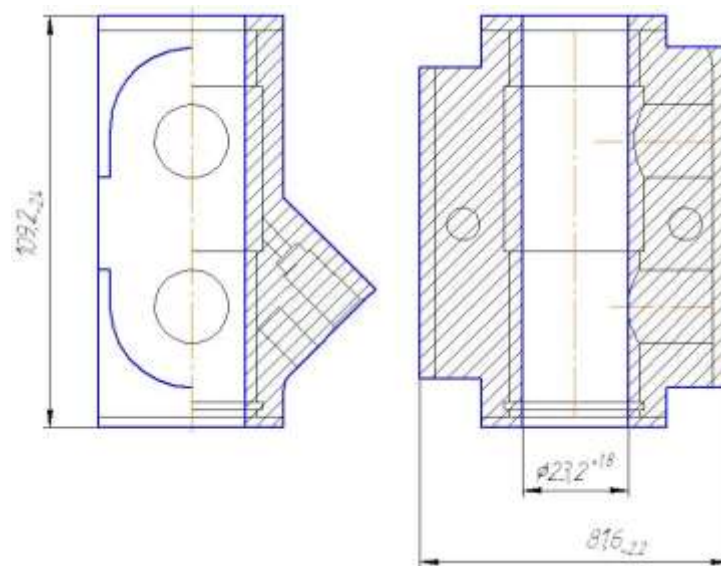


Рисунок 2.8 – Ескіз заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форм з машинним формуванням суміші

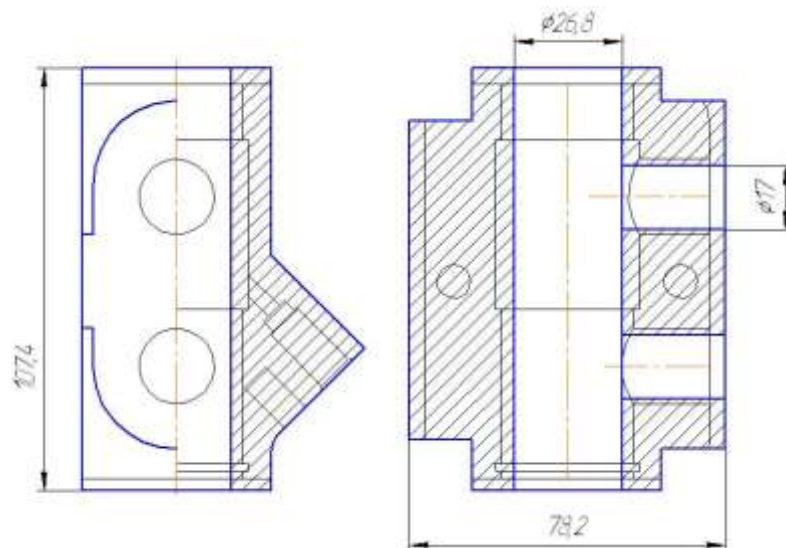


Рисунок 2.9 – Ескіз заготовки отриманої литтям за виплавними моделями

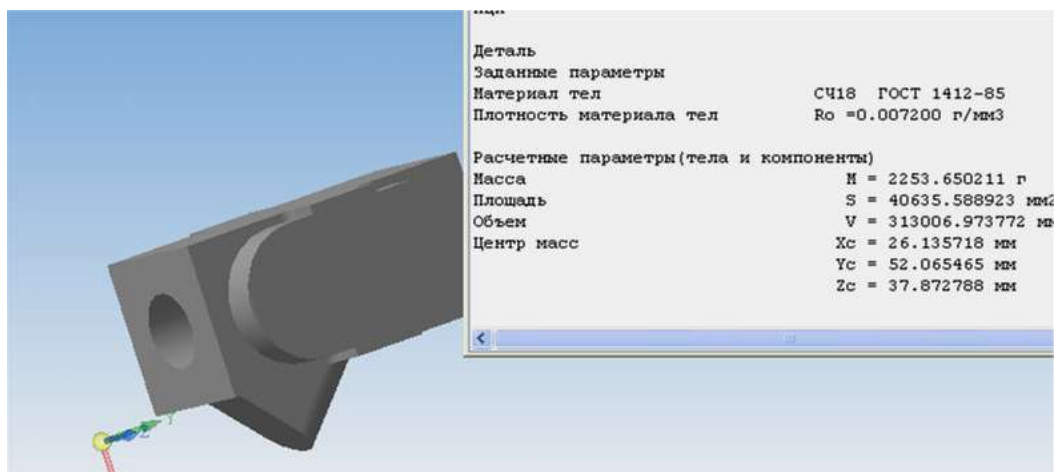


Рисунок 2.10 - Визначення маси заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_z} = 1.67 / 2.25 = 0.74$$

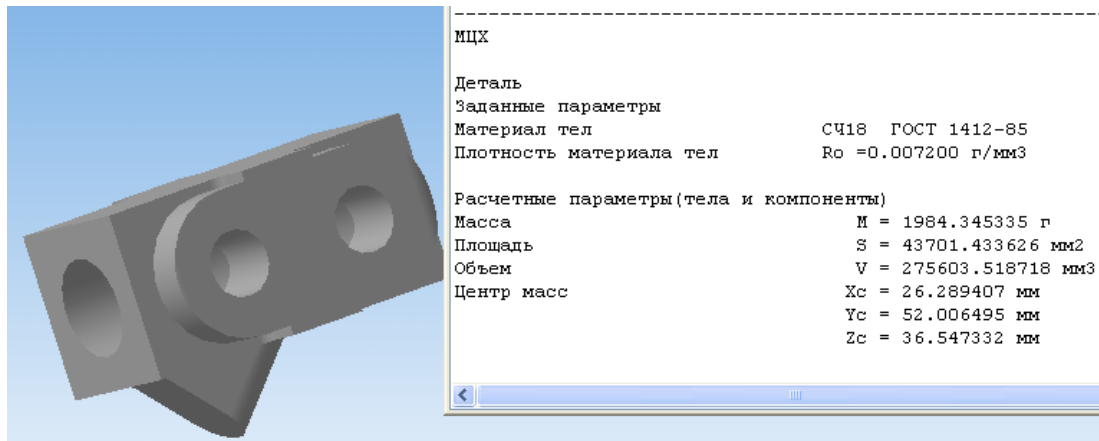


Рисунок 2.11 - Визначення маси заготовки для лиття за виплавними моделями

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_z} = 1.67 / 1.98 = 0.84$$

Вартість заготовок, що отримуються такими способами, як лиття в оболонкові форми та в піщано-глинисті форми можна визначити за формулою:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} [\text{грн}] \quad (2.12)$$

Де $C_{\text{відх}}$ – заготівельні ціни на стружку чорних і кольорових металів по прейскурантах, гр.о, при матеріалі сталь ця величина становить 390 грн.

$C_{\text{л}}$ - базова вартість 1т заготовок, гр.о, для лиття в піщано-глинисті форми – 15600 грн.

$C_{\text{л}}$ - базова вартість 1т заготовок, гр.о, для лиття за виплавними моделями – 32000 грн.

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності виливка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$ відповідно рівні 1,0 – 1,0 – 1,2 – 0,96 – 1,0.

Для лиття за виплавними моделями:

K_T, K_H, K_C, K_B, K_P відповідно рівні $1,0 - 1,0 - 1,12 - 0,62 - 1,0$.

Тоді вартість заготовок для лиття в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг. лит}} 1 = \frac{2.25 \cdot 15600 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(2.25 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 36.88 (\text{грн.});$$

Тоді вартість заготовок для лиття за виплавними моделями

$$C_{\text{заг. лит}} 1 = \frac{1.98 \cdot 32000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 0,62 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(1.98 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 43.21 (\text{грн.})$$

Тобто за основний спосіб отримання заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТПП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

При розробці методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовими технологічними процесами обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого технологічного процесу.

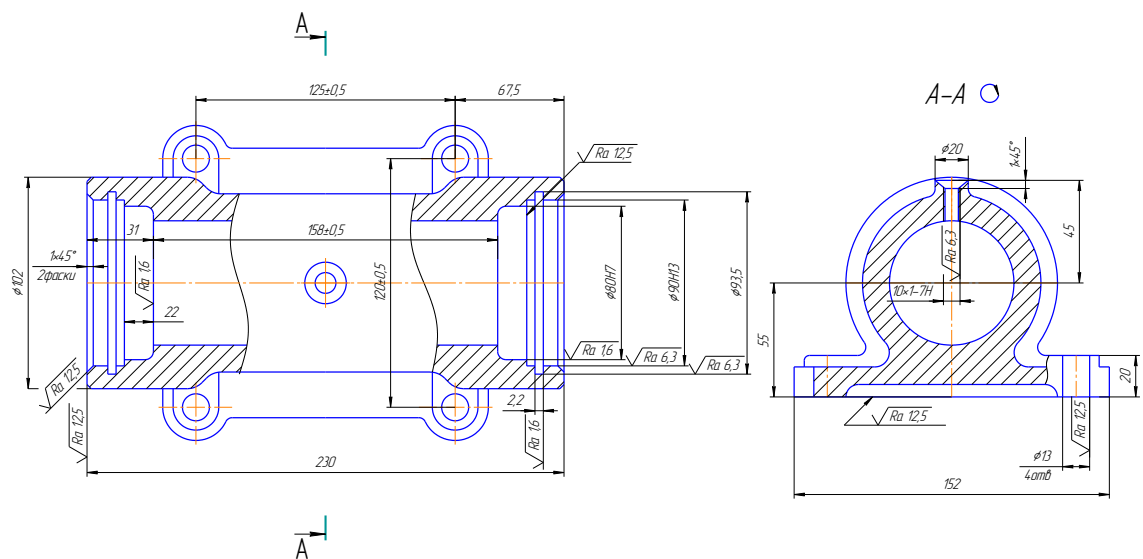


Рисунок 2.10– Корпус підшипників

В розглядуваної деталі так, як і в типовій в якості конструкторських баз є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. В якості допоміжних конструкторських баз в обох деталях виступають внутрішні циліндричні поверхні з високим квалітетом точності.

В розглядуваній і типовій деталях використовуються подібні методи обробки. В запропонованій деталі використовується обладнання з ЧПУ так, як і в розглядуваній деталі, але так, як деталь має досить складну конфігурації (деякі отвори обробляються через інші), то можна використовувати таке ж обладнання з ЧПУ.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

Таблиця 2.5 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно 3. Свердлити 4 отв. $\varnothing 13$ 4. Фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ остаточно 5. Свердлити і нарізати різьбу M10•1-7H 6. Фрезерувати торець $\varnothing 120$, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно 7. Розточити виточки $\varnothing 80H7$ попередньо, остаточно; $\varnothing 90H13$ і фаску 1x45 остаточно 8. Фрезерувати канавку $2,2\pm 0,5$ остаточно	Багатоцільовий з ЧПУ ИР500МФ4

2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні

Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 30H7$, враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорнового точіння) складає 0,021 мм:

$$\varepsilon = 0,84 / 0,021 = 40$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,8$$

$$\varepsilon_2 = 4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 40 / 5,8 \cdot 4 = 1,72$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 0,84 / 5,8 = 0,144 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,144 / 4 = 0,036 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,036 / 1,72 = 0,021 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної

поверхні: розточування попереднє (13 квалітет точності); розточування попереднє (8 квалітет точності); розточування остаточне (7 квалітет точності)

Таблиця 2.6 – Розрахунок кількості ступеней обробки

Поверхня	Вид обробки	Квалітет, що отримується
Ø8H8	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	8
Ø10H8	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	8
M20	Свердління	12
	Розсвердлювання	12
	Нарізання різі	10
105	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	12
	Фрезерування попереднє	10
	Фрезерування остаточне	9

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Правильність вибору технологічних баз на даному етапі проектування в значній мірі визначає досягнення необхідної точності деталі в процесі її виготовлення та економічність процесів.

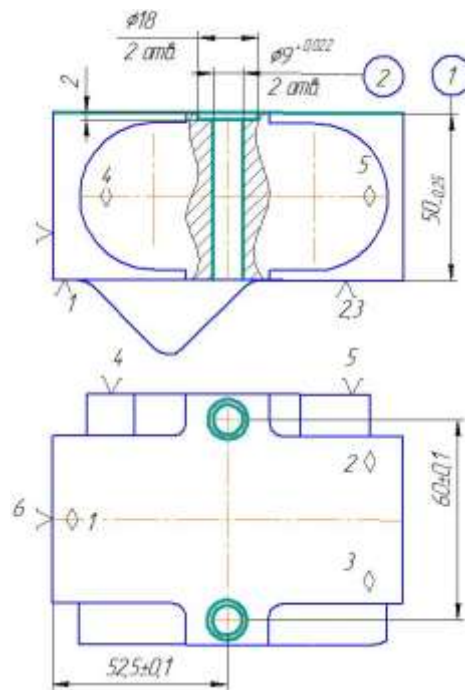
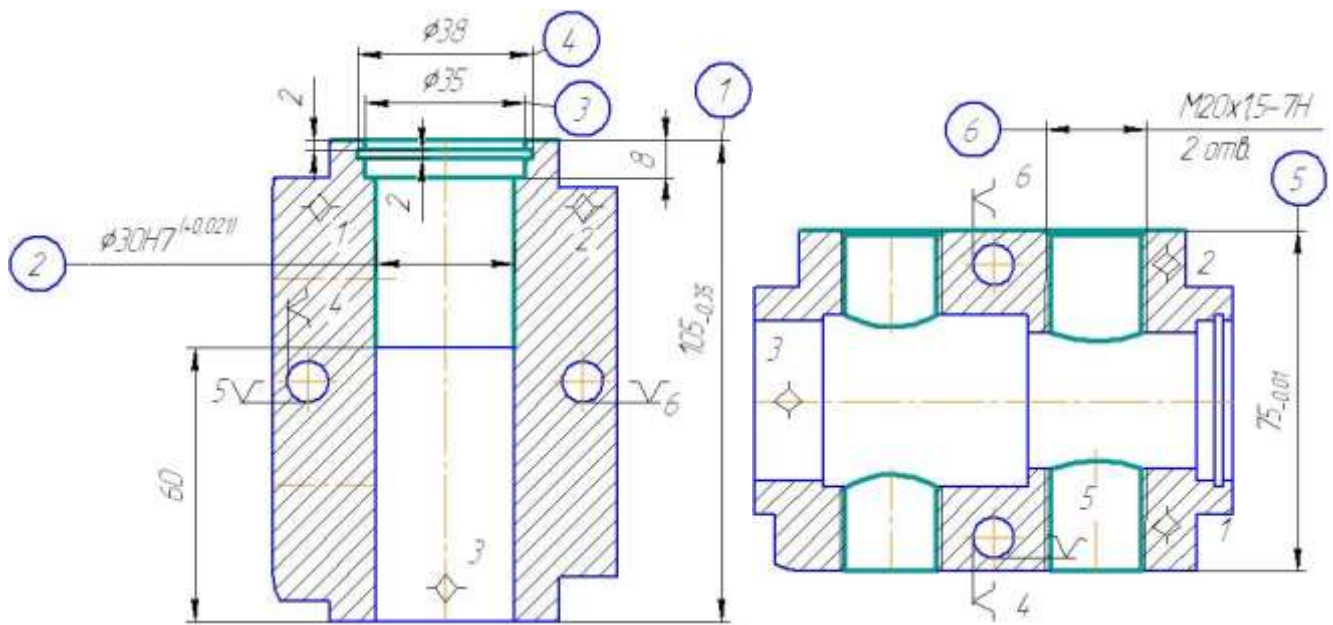


Рисунок 2.11 – Чорнові технологічні бази

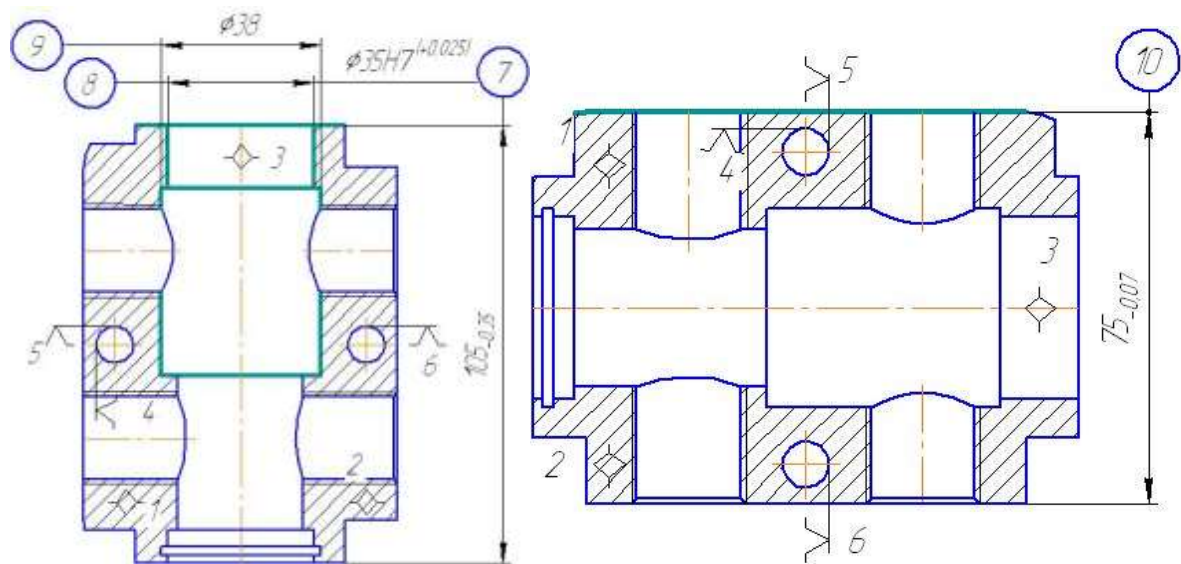
Згідно з рекомендаціями проектування технологічних процесів механічної обробки спочатку виконується вибір чистових технологічних баз, тобто таких поверхонь, які використовуються при виконанні більшості операцій технологічного процесу. При цьому вирішується задача забезпечення похибок базування виконуваних розмірів рівною нулю або ж зведення їх до мінімальних значень.

В якості чорнових технологічних баз використовується площина та два торці. При цьому вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці вказаних площини та торців.



Позиція 1

Позиція 2



Позиція 3

Позиція 4

Рисунок 2.12 – Схема базування на операції 010

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø35, Ø38, Ø30	відсутня	Діаметральний розмір
	8,2	відсутня	Обробка з одного установа
	M20	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø38, Ø35	відсутня	Діаметральний розмір
	105, 75	відсутня	Виникає, рівна зазорів між отвором і установочним пальцем

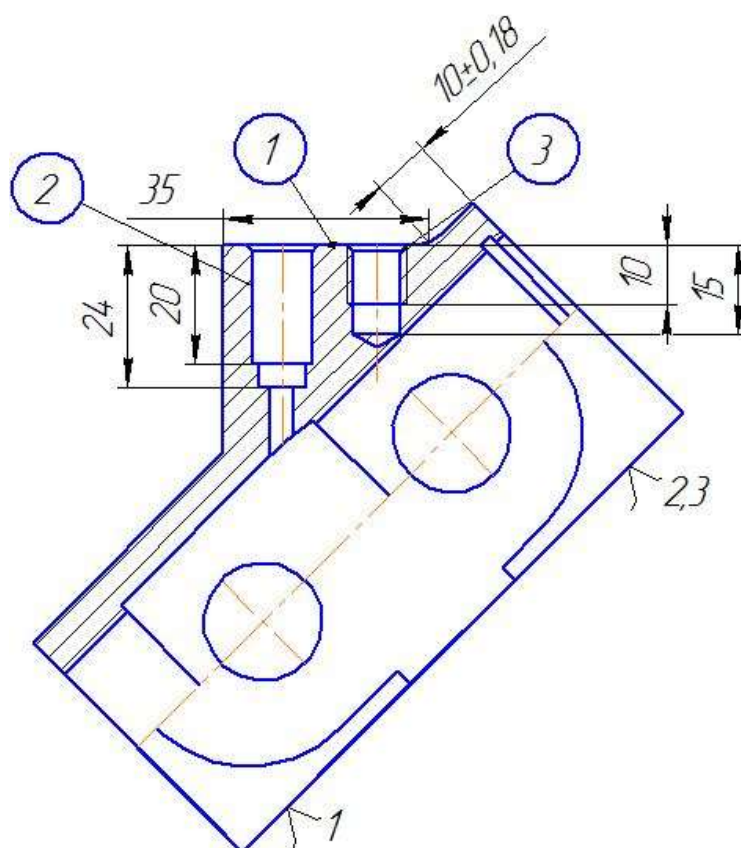


Рисунок 2.13 – Схема базування на операції 015

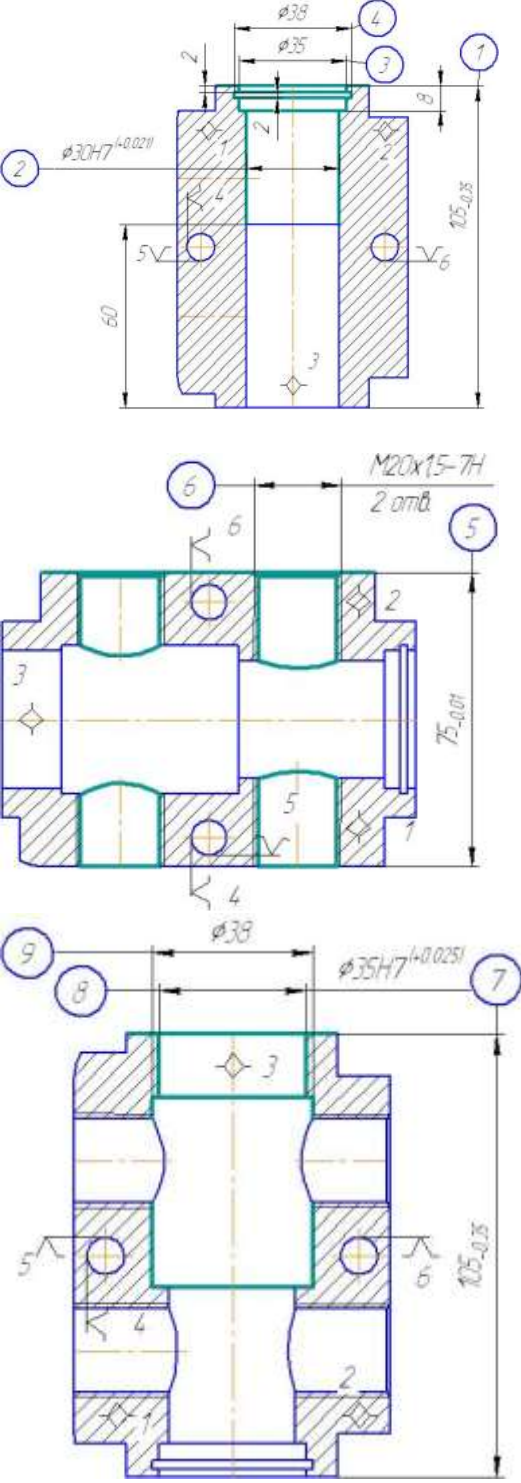
Таблиця 2.8– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø10, Ø8, M8	відсутня	Діаметральний розмір
	10, 15, 24, 20	відсутня	Обробка з одного установа

2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Таблиця 2.9 -Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4

010	Багатоцільова 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торець 1 3 Розточити отвір 2 попередньо 4 Розточити канавку 4 5 Розточити отвір 2 попередньо 6 Розточити отвір 2 остаточно 7 Фрезерувати торець 1 остаточно 8 Повернути деталь на 90 9 Фрезерувати торець 5 попередньо 10 Центрувати 2 отвори 6 11 Свердлити 2 отвори 6 12 Розсвердлити 2 отвори 6 13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6 14 Нарізати різь в 2 отворах 6 15 Фрезерувати остаточно площину 5 16 Повернути деталь на 90 17 Фрезерувати площину 7 попередньо 18 Розточити отвір 8 попередньо 19 Розточити отвір 7 20 Розточити вір 8 попередньо 21 Розточити отвір 8 остаточно 22 Фрезерувати торець 7 остаточно		Багатоцільовий ЛТ60МФ3 з поворотним столом
-----	---	---	--

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
---	---	---	---

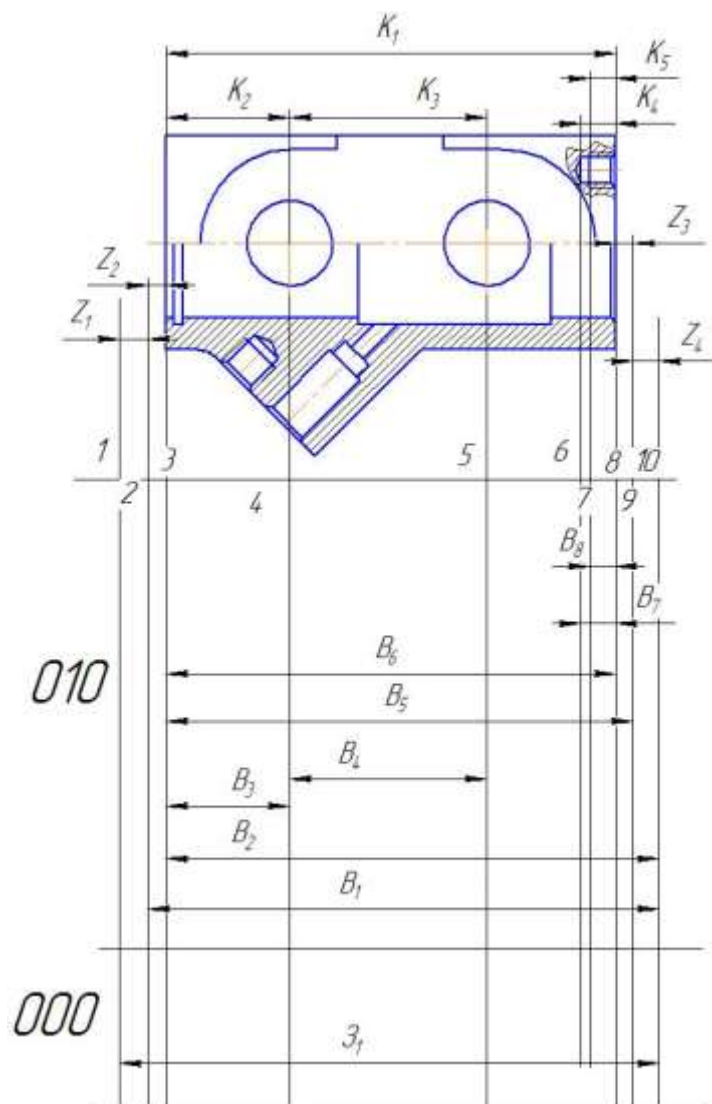
	23 Повернути деталь на 90 24 Фрезерувати торець 10 попередньо 25 Фрезерувати торець 10 остаточно		
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1 встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 3 Центрувати 2 отвори 2 та 3 4 Свердлити отвір 2 5 Цекувати отвір 2 6 Цекувати отвір 2 7 Свердлити отвір 3 8 Зенкувати фаску в отворі 3 9 Нарізати різь в отворі 3 10 Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки.

Таблиця 2.10– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	Z_1	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
Попередні значення допусків	2,2	0,87	0,35	0,21	0,25	0,14	0,087	0,36	0,3



Рисунки 2.14– Розмірна схема першого технологічного процесу

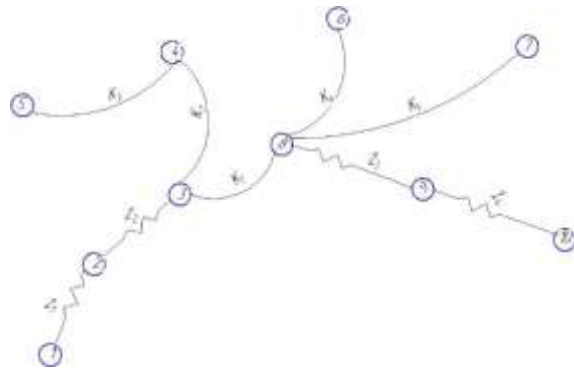


Рисунок 2.15 – Вихідний граф-дерево

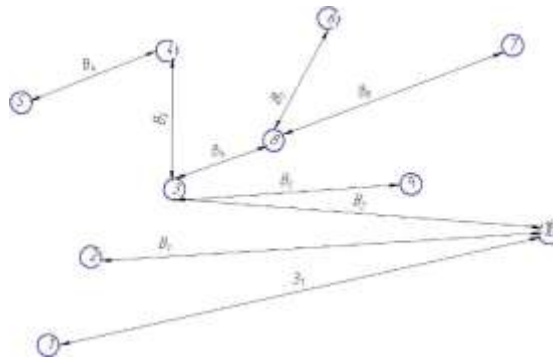


Рисунок 2.16 – Похідний граф-дерево

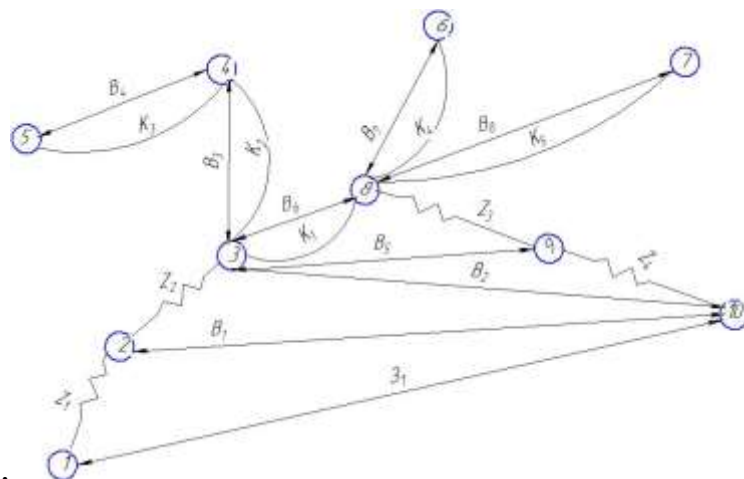


Рисунок 2.17 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.10– Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$Z_{\min}$	1,2	0,6	0,6	1,2

Таблиця 2.11 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	B_8
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	B_7
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	B_4
5	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
6	$B_5 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_5 - B_6$	B_5
7	$B_2 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_5$	B_2
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
9	$B_1 + Z_1 - Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_3 - B_1$	Z_1

Відповідно для кожного розміру цього межі:

1. $B_8 = K_5 = 6^{+0,15} \text{ (мм)}$;

2. $B_7 = K_4 = 8^{+0,18} \text{ (мм)}$;

3. $B_6 = K_1 = 105_{-0,087} \text{ (мм)}$;

4. $B_4 = K_3 = 46^{+0,125} \text{ (мм)}$;

5. $B_3 = K_2 = 29^{+0,105} \text{ (мм)}$;

6. $Z_3 \min = B_5 \min - B_6 \max$;

$B_{5\min} = 105 + 0,6 = 105,6 \text{ (мм)}$;

$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 105,6 + 0,14 = 105,74 \text{ (мм)}$;

$B_5 = 105,74_{-0,14} \text{ (мм)}$;

$Z_3 \max = B_5 \max - B_6 \min = 105,74 - 104,913 = 0,827 \text{ (мм)}$;

7. $Z_4 \min = B_2 \min - B_5 \max$;

$B_{2\min} = 105,74 + 1,2 = 106,94 \text{ (мм)}$;

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 106,94 + 0,35 = 107,29 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 107,29_{-0,35} \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\max} = B_{2\max} - B_{5\min} = 107,29 - 105,6 = 1,69 \text{ (мм)};$$

$$8. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = 107,29 + 0,6 = 107,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 107,89 + 0,87 = 108,76 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 108,76_{-0,87} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 108,76 - 106,94 = 1,82 \text{ (мм)};$$

$$9. Z_{1\min} = Z_{1\max} - B_{1\max};$$

$$Z_{1\min} = 108,76 + 1,2 = 109,96 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 109,96 + 2,2 = 112,16 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 112,16_{-2,2} \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 112,16 - 107,89 = 4,27 \text{ (мм)};$$

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру у	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	109,96	112,16	2,2	112,16		$112,16_{-2,2}$
B_1	107,89	108,76	0,87	108,76	$108,76_{-0,87}$	
B_2	106,94	107,29	0,35	107,29	$107,29_{-0,35}$	
B_3	28,895	29,105	0,21	29	$29^{\pm 0,105}$	
B_4	45,875	46,125	0,25	46	$46^{\pm 0,125}$	
B_5	105,6	105,74	0,14	105,74	$105,74_{-0,14}$	
B_6	104,913	105	0,087	105	$105_{-0,087}$	
B_7	7,82	8,18	0,36	8	$8^{\pm 0,18}$	
B_8	5,85	6,15	0,3	6	$6^{\pm 0,15}$	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

2.9 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій.

Таблиця 2.13 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	40	26
Попереднє розточування	50	50
Попереднє розточування	50	50
Остаточне розточування	20	25

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мм]}$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням,

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{\Delta_k^2 l^2 + \Delta_k^2 d^2} = \sqrt{0.7^2 \cdot 37^2 + 0.7^2 \cdot 30^2} = 33,24 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_{\text{зм}} = 0,3 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{33,24^2 + 300^2} = 301 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мм}] \quad (2.13)$$

Таблиця 2.14 – Значення просторових відхилень

Назва переходу	Формула	Значення, мкм
Заготовка	—	$\rho_3 = 301$
Попереднє точіння	$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3$	18
Попереднє точіння	$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3$	0,72
Остаточне точіння	$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3$	0,01

Похибка установки при чорновому розточуванні ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} [\text{мм}] \quad (2.14)$$

$\varepsilon_3 = 100$ мкм – похибка закріплення при чорновому розточуванні при закріпленні в пристосуванні з пневмозатиском,

Найбільший зазор між отвором і пальцем складатиме (допуск на отвір по 8 квалітету 0,022 мм, допуск на палець по 6 квалітету 0,009 мм, мінімальний зазор складає 13 мкм:

$$S_{\max} = 0.022 + 0.009 + 0.013 = 0.044 \text{ (мм)}$$

Тоді максимальний кут повороту заготовки на пальцях складатиме:

$$\text{Tg}\alpha = 0.044/6 = 0.007 \text{ мм}$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору складатиме:

$$\varepsilon_6 = 37 \cdot 0.007 = 0.259 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0.259^2 + 0.1^2} = 0.277 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0.05 = 277 \cdot 0.05 = 14 \text{ (мкм)}$$

ε_2 – залишкова похибка установки при другому переході.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,05 = 30 \cdot 0,05 = 0,7 \text{ мкм} \approx 0 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{imin}=2 \cdot (R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мм]} \quad (2.15)$$

Мінімальний припуск під розточування:

попереднє розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (40+26 + \sqrt{301^2 + 277^2}) = 2 \cdot 475 \text{ (мкм)},$$

попереднє розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (50+50 + \sqrt{18^2 + 277^2}) = 2 \cdot 123 \text{ (мкм)},$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,72^2 + 14^2}) = 2 \cdot 100,7 \text{ (мкм)},$$

При шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені: $d = 30,021 \text{ мм}$.

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

- для чистового розточування, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 21 мкм;
- для попереднього розточування згідно 8 квалітету, допуск складає 33 мкм;
- для попереднього розточування згідно 13 квалітету, допуск складає 330 мкм;
- для попереднього розточування допуск заготовки складає 840 мкм.

Таблиця 2.15 – Визначення максимальних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Остаточне розточування		$d_{\max 1} = 30,021 \text{ мм}$
Попереднє розточування	$d_2 = 30,021 - 2 \cdot 0,1007 = 29,8196 \text{ мм}$	$d_{\max 2} = 29,8196 \text{ мм}$
Попереднє розточування	$d_4 = 29,8196 - 2 \cdot 0,123 = 29,5736 \text{ мм}$	$d_{\max 4} = 29,5736 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 29,5736 - 2 \cdot 0,475 = 28,6236 \text{ мм}$	$d_{\max \text{заг}} = 28,6236 \text{ мм}$

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Таблиця 2.16 – Визначення мінімальних розмірів

Вид переходу	Розміри
Попереднє точіння	$d_{\min 2} = 29,82 - 0,033 = 29,787 \text{ мм}$
Попереднє точіння	$d_{\min 4} = 29,57 - 0,33 = 29,24 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 28,62 - 0,84 = 27,78 \text{ мм}$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення $Z_{\max}$ – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Для остаточного точіння:

$$2Z_{\max 2} = 30 - 29,787 = 0,213 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min 2} = 30,021 - 29,82 = 0,201 \text{ (мм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 3} = 29,787 - 29,24 = 0,547 (\text{мм}),$$

$$2Z_{\min 3} = 29,82 - 29,57 = 0,25 (\text{мм}).$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 4} = 29,24 - 27,78 = 1,46 (\text{мм}),$$

$$2Z_{\min 4} = 29,57 - 28,62 = 0,95 (\text{мм}).$$

Таблиця 2.17– Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку діаметральної поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R _z	T	ε	ρ				d _{max}	d _{min}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	40	26	-	301		28,6236	0,84	28,62	27,78		
Розточування попереднє	50	50	277	18	2·475	29,5736	0,3	29,57	29,24	0,95	1,46
Розточування попереднє	50	50	14	0,72	2·123	29,8196	0,033	29,82	29,787	0,25	0,547
Розточування остаточне	20	28	-	-	2·100,7	30,021	0,021	30,021	30	0,201	0,213

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 1460 - 950 = 510 (\text{мкм}),$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 840 - 330 = 510 (\text{мкм}),$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 547 - 250 = 297 (\text{мкм})$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 330 - 33 = 297 (\text{мкм}),$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 213 - 201 = 12 (\text{мкм})$$

Таблиця 2.18 – Розрахунок кількості ступеней обробки

Поверхня	Припуск	Отримуваний розмір
Ø8H8	3,5	7
	0,4	7,8
	0,1	8
Ø10H8	4,5	9
	0,3	9,6
	0,2	10
M20	6	12
	3,5	19
	0,5	20
105	0,5	106,3
	0,15	106
	0,35	105,3
	0,15	105

2.10 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

глибина різання t , мм;

подача s , мм/об;

швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний

матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином, режими різання встановлюються виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином. Режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v [\text{м/хв}] \quad (2.16)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0.45.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.17)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} -якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

K_{lv} –глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=1 \cdot 0,83 \cdot 0,85=0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 9^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5} 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad [\text{H}] \quad (2.18)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного

моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_M=0,012; q_M=2,2; x_M=0; y_M=0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 9^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \quad (\text{Н}) \quad (2.19)$$

де C_M, q_M, x_M, y_M – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p=42; q_p=1,2; x_p=0; y_p=0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 9^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 (\text{Н})$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.20)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N=852 \cdot 3,951/975=3,45 \text{ (кВт)}$$

Для отримання розміру деталі 1052, який відповідає 8 квалітету, із заготовки 15 квалітету необхідно провести обробку в 2 стадії

Призначення глибини різання необхідно починати з останньої стадії обробки. Відповідно глибина різання t для 2-ї стадії обробки складає 0,55 мм, для 1-ї стадії - 4,4 мм..

Вибираємо наступні параметри інструмента: фреза торцева, діаметром 80 мм, матеріал ріжучої частини T15K6, число зубців:

- для 1-ї стадії обробки - $z = 8$, $\varphi = 67^\circ$;
- для чистової стадії обробки - $z = 10$, $\varphi = 75^\circ$.

Подачу на зуб S_Z для 1-ї стадії вибираємо 0,19 мм/зуб.

Подача на зуб S_Z для чистової стадії вибираємо 0,15 мм/зуб.

Визначаємо коефіцієнти на подачу:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала K_{sM} рівен 1,3;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези K_{si} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної K_{SB} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані :

для 1-ї стадії $K_{s\varphi}$ рівен 1;

для 2-ї стадії $K_{s\varphi}$ рівен 0,85;

- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини K_{sp} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує схему установки фрези K_{sc} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріала K_{so} рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки подача на зуб з врахуванням обраних коефіцієнтів:

$$S_Z = 0,19 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \text{ (мм/зуб)}.$$

Для 2-ї стадії обробки подача на зуб:

$$S_Z = 0,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,17 \text{ (мм/зуб)}.$$

Для останньої стадії обробки проводимо перевірку вибраної подачі по забезпеченню потрібної шорсткості поверхні. Подача дорівнює 0,25 мм/зуб [6]. З врахуванням коефіцієнта, що враховує твердість оброблюваного матеріала K_{SM} рівен 1,3 подача буде рівною 0,33 мм/зуб.

Вибираємо швидкість різання :

для 1-ї стадії обробки $v_{3T} = 186 \text{ м/хв.}$

для 2-ї стадії обробки $v_{3T} = 271 \text{ м/хв.}$

Вибрані швидкості різання корегуємо з урахуванням коефіцієнтів:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала K_{VM} рівен 1,35;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези K_{Vi} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує стан поверхні K_{Vn} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані:
- для 2-ї, 1-ї стадій обробки $K_{S\phi}$ рівен 1;
- для 3-ї стадії обробки $K_{S\phi}$ рівен 0,95;
- коефіцієнт, що враховує відношення ширини фрезерування до діаметра фрези K_{VB} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини K_{VT} рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини K_{v_p} рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує наявність охолоджуючої рідини $K_{v_{ж}}$ рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу K_{v_o} рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки:

$$v = 186 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 251,1 \text{ (м/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки швидкість:

$$v = 271 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 347,6 \text{ (м/хв.)}.$$

Частоту обертання шпинделя для 1-ї стадії обробки:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 251,1}{3,14 \cdot 80} = 999 \text{ (об/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 347,6}{3,14 \cdot 80} = 1383 \text{ (об/хв.)}.$$

Хвилинну подачу визначаємо за формулою:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \text{ [мм/хв]} \quad (2.21)$$

Для 1-ї стадії обробки

$$S_M = 0,33 \cdot 8 \cdot 999 = 2637 \text{ (мм/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки

$$S_m = 0,17 \cdot 10 \cdot 1383 = 2351 \text{ (мм/хв.)}.$$

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому рядові параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів. В даному випадкові використовується розрахунково-графічний спосіб, який оснований на тому, що відповідно для кожного обмеження будується пряма і визначається область допустимих значень режимів різання. Тобто це ті значення які можуть бути забезпечені верстатом, і використання яких принесе бажану точність поверхні. При цьому із отриманої області обираються максимальні значення подачі і числа обертів інструмента чи деталі, що дозволяє проводити максимально допустиму продуктивну обробку поверхонь.

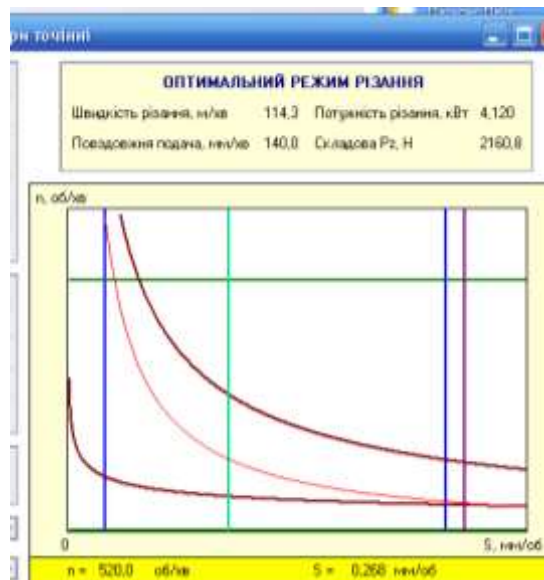


Рисунок 2.18 – Оптимізація режимів різання при напівчистовому фрезеруванні

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для чистового фрезерування. При оптимізації ці показники зросли, можливо це спричинено більш повним врахуванням умов механічної обробки.

Крім того враховано оптимізацію для режимів обробки виконану у першому пункті. Відповідно отримані режими обробки наведено в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19– Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	S, мм/об	V, м/хв	п, об/хв.
1	3	4	5
<u>Фрезерна з ЧПК</u>			
2 Фрезерувати поверхню 1	0,7	20	80
3 Центрувати 2 отвори 2	0,7	120	280
4 Свердлити 2 отвори 2	1,25	120	280
5 Цекувати 2 отвори 2	0,7	120	280
6 Зенкерувати 2 отвори 2	0,6	180	319
7 Розвернути 2 отвори 2	0,2	210	340
8 Фрезерувати площину 1 остаточно	0,1	310	420
<u>Багатоцільова</u>			
2 Фрезерувати торець 1	0,3	120	340
Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	319
3 Розточити отвір 3	0,7	120	420
4 Розточити канавку 4	0,7	120	280
5 Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	280
6 Розточити отвір 2 остаточно	0,3	120	280
7 Фрезерувати торець 1 остаточно	0,7	120	200
8 Повернути деталь на 90			
9 Фрезерувати торець 5 попередньо	0,3	180	200
10 Центрувати 2 отвори 6	0,7	210	840
11 Свердлити 2 отвори 6	0,7	110	960
12 Розсвердлити 2 отвори 6	0,7	110	219
13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6	0,7	210	219
14 Нарізати різь в 2 отворах 6	0,3	110	200

Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4
15 Фрезерувати остаточно площину 5	0,3	180	840
16 Повернути деталь на 90			
17 Фрезерувати площину 7 попередньо	0,7 2,5	210 110	960 219
18 Розточити отвір 8 попередньо	2,5	110	219
19 Розточити отвір 7	0,7	210	100
20 Розточити вір 8 попередньо	0,7	110	100
21 Розточити отвір 8 остаточно			
22 Фрезерувати торець 7 остаточно	0,3	210	240
23 Повернути деталь на 90			
24 Фрезерувати торець 10 попередньо	0,7	110	260
<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u>			
1 встановити і закріпити заготовку			
2 Фрезерувати площину 1	0,6	180	319
3 Центрувати 2 отвори 2 та 3	0,2	210	340
4 Свердлийти отвір 2	0,1	310	420
5 Цекувати отвір 2	0,3	20	80
6 Цекувати отвір 2	1,0	110	219
7 Свердлийти отвір 3	0,3	310	420
8 Зенкувати фаску в отворі 3	1,0	420	340
9 Нарізати різь в отворі 3	1,0	20	125
10 Зняти заготовку			

2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.22)$$

де $T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}} [\text{хв}] \quad (2.23)$$

$T_{\text{о}}$ – основний час роботи верстата за програмою, $T_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} [\text{хв}], \quad (2.24)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні; l_1 – довжина підводу; l_2 – довжина врізання; l_3 – довжина перебігу; $S_{\text{м}}$ – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів Ø7 під різь М8 наведено в таблиці 4.12.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів–

10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}} = (2 \cdot 100 + 64) / 6000 = 0,04 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 010 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = (0,21 + 0,16) + (0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,2) = 1,17 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час T_v складається із:

$$T_v = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} \quad [\text{хв}] \quad (2.25)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,42хв;

$T_{\text{воп}}$ - допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,48 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,4 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,18 + 0,1 = 0,28 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввм}} = 0,23 \cdot 2 = 0,46 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{в}} = 1,3 + 0,28 + 0,46 = 2,04 \text{ (хв.)}.$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.26)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (10,64 + 2,04)(1 + 9/100) = 13,83 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Норми часу

№ операцій	Основний час t_o , хв	Штучний час $t_{\text{шт}}$, хв
005	2,119	2,97
010	8,243	10,72
015	0,491	0,69

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Уточнення виробничої програми

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення,

Таблиця 3.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Корпус	1,7	3000	1	1	1	1	3000
Кришка	1,5	2400	0,92	0,97	1,03	0,922	2215
Фланець	1,4	2900	0,88	0,985	1,01	0,87	2522
Важіль	1,2	2600	0,79	0,98	1,02	0,798	2074
Всього						9811	

3.2 Визначення кількості обладнання

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.1)$$

де $T_{\text{пр}}$ –сумарна трудомісткість деталей, год;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m - кількість робочих змін

На операції 005-015 кількість верстатів 6Р13Ф3 складає:

$$C_p = \frac{(2.97 + 0.69) \cdot 9811}{60 \cdot 2040} = 0.293$$

Верстатів ЛТ260МФ3:

$$C_p = \frac{10.72 \cdot 9811}{60 \cdot 2040} = 0.859$$

Отримані результати занесемо до таблиці 2.22

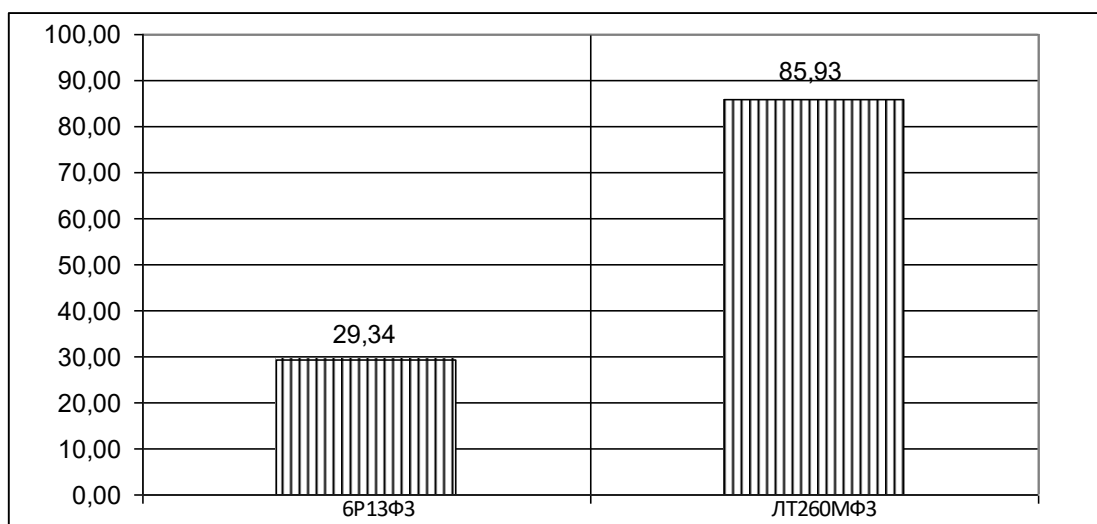


Рисунок 3.1– Графік завантаження обладнання

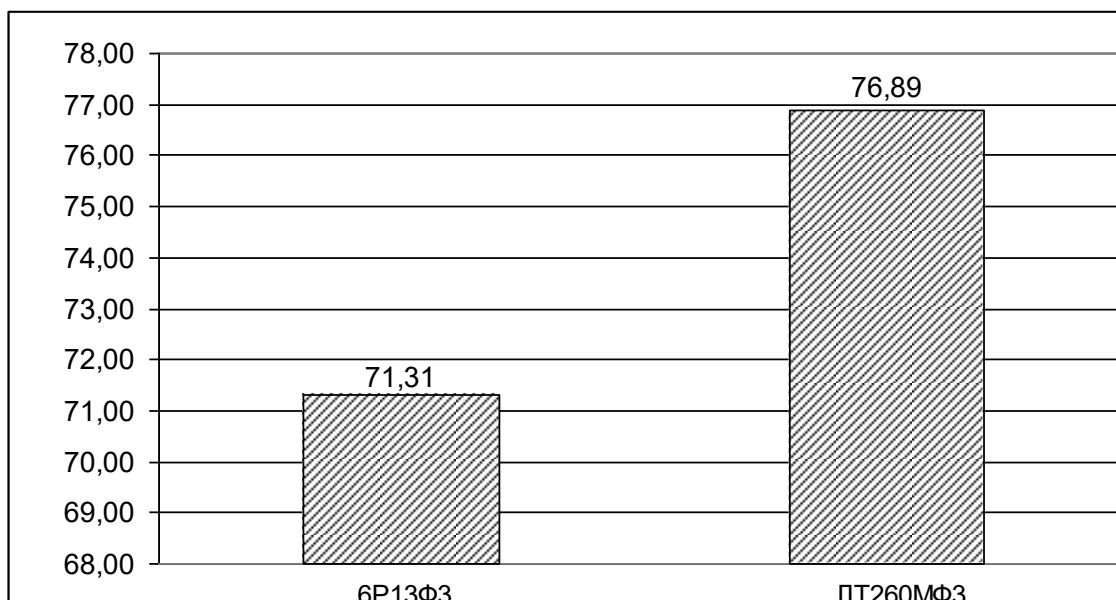


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 3.2 - Розрахунок кількості обладнання.

N _{оп}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
00-015	Фрезерна з ЧПК	0,2933	1	0,2933	57,63	0,7131
010	Багатоцільова з ЧПК	0,859	1	0,859		0,7689

3.3 Визначення кількості працюючих на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (3.2)$$

де $C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів, шт; Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год; K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,859 / 1 \cdot 1840 = 0,96$$

При розрахункові ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 2.22.

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 2.22 сума всіх основних робочих - 2 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5$$

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	Φ_d , год	K_z	K_m	P, чол	$P_{пр}$, чол
Фрезерний з ЧПК	1	1840	0,2933	1	0,329	1
Багатоцільовий з ЧПК	1		0,859	1	0,96	1

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 2 = 0,36 \dots 0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}}=0,022 \cdot 2=0,044$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (2+1+1+1)=0,1$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		2
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	18...24%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

3.4 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопоток масою

:

$$2,25 \cdot 9811=22074 \text{ (кг)}$$

Потім він надходить до фрезерного верстата з ЧПУ. Після обробки на них частина металу йде в стружку, а зоброблені деталі надходять до відділу контролю та складу готових виробів. Після закінчення механічної обробки до відділу контролю та до проміжного складу надходить вантажопотік 1939,4 т.

3.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Для перевезення вантажів із складів до ділянки використовуємо електровізки. Вони відносяться до екологічно чистого транспорту, так як їх живлення здійснюється від акумуляторних батарей. Їх кількість розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (2.7)$$

де: Q- сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду, (року) т;

q-номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

F- річний фонд часу роботи електровізка;

m- кількість змін;

$l_{\text{ср}}$ - сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;

$v_{\text{ср}}$ - середня швидкість електровізка;

t_3 - час на завантаження для однієї операції;

t_p – час на розвантаження для однієї операції;

K_1 – коефіцієнт (враховує витрати часу на ремонт) використання фонду часу крана;

K_2 – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;

$t_{\text{зм}}$ – тривалість однієї зміни, год.

$$K_{\text{тр}} = 3129,84 \cdot (84/80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 48,05$$

Приймаємо 48 електровізків.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів –2.

3.6 Розробка плану розташування обладнання

При дрібносерійному типові виробництва найдоцільніше розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. Оскільки габарити верстатів дозволяють то вони будуть розташовані фронтальною стороною до проїзду, це оптимальний варіант, який забезпечує досить легкий доступ до верстата робітникам, відносно легко організувати подачу заготовок та вивіз оброблених деталей.

3.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

3.7.1 Відділення по відводу та переробці стружки

Площу відділення по відведенню та переробці стружки визначаємо згідно рекомендацій [1] в залежності від кількості обладнання механічної дільниці, і вона складатиме 80 м².

Для вибору способу відведення та переробки стружки необхідно визначити скільки тонн стружки приходить на 1 м² площі дільниці:

$$190,44/250=0,76 \text{ (т/ м}^2\text{)}$$

Відповідно до рекомендацій [2] при кількості стружки більше 0,3 т в рік, що приходить на 1 м² площі цеху, доцільно використовувати конвеєр для відводу стружки.

4.7.2 Відділення для приготування та роздачі охолоджувальної рідини (ЗОР), склад масел

Оскільки механічний цех є відносно малих розмірів, то відповідно приймаємо площу відділення для приготування і роздачі ЗОР рівною 35 м^2 . Площа складу масел відповідно складає 12 м^2 .

4.7.3 Контрольні пункти відділу технічного контролю

Кількість контролерів приймаємо рівною 10% від кількості основних верстатників, тобто:

$$5 \cdot 0,10 = 0,5 \text{ чол.}$$

Отже достатньо 1 контролера на дільницю.

Питома площа одного контрольного пункту складає 6 м^2 , відповідно площа контрольного пункту цеху складатиме 6 м^2 .

4.7.4 Цеховий склад матеріалів і заготовок

Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами і заготовками. Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_{сз} = Q_{чорн} \cdot t / 260 \cdot q \cdot K_v \quad (3.8)$$

де $Q_{чорн}$ – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки:

t – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 8 днів;

q – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає 1.2 т/м^2 ;

K_v – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{сз} = 3129,84 \cdot 8 / 260 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 267,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 270 м^2 .

Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зросте і складатиме 400 м^2 .

4.7.5 Проміжний склад

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т.п.

Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}} = Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в}} \quad (3.9)$$

де Q – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню, $710 \cdot 4140 = 2939400 \text{ кг}$;

t – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 10 днів;

$q_{\text{пр}}$ – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, складає $1,25 \text{ т/м}^2$;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання площ складування, 0,4.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{прз}} = 2939,4 \cdot 10 / 260 \cdot 1,25 \cdot 0,4 = 226,1 \text{ (м)}^2$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 230 м^2 .

4.7.6 Інструментально-роздавальний та інші склади

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14]

Таблиця 3.5 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання	Норми площі на металорізальний верстат, м ²	Кількість верстатів	Площа складу, м ²	
				розрахункова	прийнята
1	2	3	4	5	6
Інструментально-роздавальний	Ріжучий і допоміжний інструмент	0,4-0,9	2	0,8-1,8	2
	Вимірювальний інструмент	0,3-0,5	2	0,6-1	1
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,6-1,2	2	1,2-2,4	2
Інструментально-оснащення	Пристосування і всі види інструмента	1,3-2,6	2	2,6-5,2	5

4.8 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатник; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.

При раціональній організації робоче місце в умовах дрібносерійного виробництва повинно бути оснащено у відповідності з вимогами виробничого

процесу та умовами виконання робіт з дотриманням правил санітарної гігієни та техніки безпеки.

Нормативами передбачено для кожного робітника мінімальну виробничу площу 45м^2 та мінімальний об'єм 15м^3 . Розташування обладнання на робочому місці, інвентарю, виробничих меблів, тари, стелажів для заготовок, та готової продукції планується з таким розрахунком, щоб не утворювались незручні умови праці, зайві витрати часу на переміщення по цеху та пошуки необхідних пристосувань.

Освітлення робочого місця повинно бути вірним та достатнім для нормальної праці робітників. Необхідна освітленість визначається в залежності від характеру та точності роботи, розмірів об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта, що розглядається з фоном та діючими санітарними нормами. При освітленні рекомендується, щоб світло падало на об'єкт зліва або спереду. При наявності місцевого освітлення світло не повинно сліпити очі, тінь не повинна падати на деталь, що оброблюється. Зовнішнє оформлення робочих місць та виробничих приміщень повинно відповідати вимогам технічної естетики.

Кількість інструмента та пристосувань на робочому місці повинна бути мінімально необхідною для забезпечення безперебійної роботи на протязі зміни з найменшими затратами часу на отримання та їх заміну. Інструмент постачається з інструментального складу в інструментальний ящик, розташований біля кожного верстату, а з нього – в робочу зону.

Заготовки з складу заготовок перекладаються в контейнер та за допомогою ручного візка переміщуються до верстату №1. Для обробки заготовки виймаються із контейнера для заготовок та після обробки перекладаються в контейнер для готових виробів. Після обробки всіх заготовок з контейнера за допомогою візка підвозиться наступний контейнер, а в пустий контейнер, в якому була попередня партія заготовок, складаються готові вироби. Верстатник, який працює на верстаті №2 при необхідності завантажує контейнер для готових виробів біля верстату №1 на візок, перевозить його до свого верстату та встановлює на місце контейнеру для заготовок. Після обробки деталі складаються в контейнер для готових виробів. Аналогічним чином проходить

переміщення деталі до верстатів №3, 4 і так далі – контейнер з готовими деталями від попереднього верстату встановлюється на місце контейнеру для заготовок наступного верстату, а в пустий контейнер від обробленої партії заготовок складаються готові вироби. Після обробки на останньому верстаті контейнер з готовими виробами перевантажується на візок та транспортується на проміжний склад.

Отже на ділянці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи ділянки необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними

Визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 3 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що ділянка механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів ділянки механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на ділянці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 57,63%;

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Потрібні значні фінансові ресурси.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промислово-му комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі мат-еріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	Савуляк В. В.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	1	2	2
2	1	2	1
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	4	3
6	1	2	2
7	2	3	3
8	2	4	3
9	1	2	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Корпус», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних вантажних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 60 000.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, приймемо:

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 60 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $\Pi_n=80\%$;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_n=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$\Pi_i = \Pi \cdot \Pi_n / 100 [\text{шт}] \quad (4.1)$$

$$\Pi_i = 60000 \cdot 80 / 100 = 48000 (\text{шт.})$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\text{ОП} = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (4.2)$$

$$\text{ОП} = 48000 / 4 = 12000 (\text{шт.})$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \text{ОП} \cdot C_{\text{п}} / 100 \text{ [шт]} \\ \text{ПП} &= 12000 \cdot 0,8 = 9600 \text{ (шт.)} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{РП} &= (\text{ОП} + \text{ПП}) / 2 \text{ [шт]} \\ \text{РП} &= (12000 + 9600) / 2 = 10800 \text{ (шт.)} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки вантажні перевезення широко розповсюджені в нашій країні. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію пристосування, безпосередньо від виробника;

Канал першого рівня може використовуватись у випадках встановлення постійного представництва виробника у регіонах (оптового дилера).

При цьому виробник передбачає надання послуг з гарантійного сервісного обслуговування протягом 6 місяців та навчання персоналу роботі із пристосування, і надання рекомендованих режимів роботи.

На сьогоднішній день в Україні використовуються корпуси, в яких отвір не має поверхнево зміцненого шару. Тобто ця поверхня значно зношується і деталь або замінюють або ставлять втулки, що дає можливість ще деякий час експлуатувати машину. Але це вимагає додаткових затрат часу та коштів.

Нова розробка є кращою ніж аналог.

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару. Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

При обранні методу ціноутворення на пристрій для суміщеного обкочування слід урахувати конкуренцію на ринку. Конкуренцію даному пристрою можуть скласти лише закордонні аналоги.

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона залишиться конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

Таблиця 4.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i$$

Де P_{Hi} - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap}=9 \cdot 0,2+9 \cdot 0,3+6 \cdot 0,2+8 \cdot 0,3=8,1$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 4.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

P_{Hi}, P_{Bi} - - числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

$$q_3=5,28/5,1=1.04$$

$$q_4=1,6/0,8=2,0$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i$$

$$K_{яв}=1,18 \cdot 0,2+1,17 \cdot 0,3+1,04 \cdot 0,2+2,0 \cdot 0,3=1.395$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 39,5%.

Таблиця 4.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	50%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	50%

4.3 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K=I_{\text{тп}}/I_{\text{сп}}$$

Де $I_{\text{тп}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{\text{еп}}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{еп}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{бей}}}$$

$P_{\text{бей}}$ $P_{\text{неі}}$ - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{еп}} = 2400/4000 = 0,6$$

$$K = 1,395/0,6 = 2,32$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

4.4 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

4.4.1 Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата розробників (дослідників) Z_o , які працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

T_p – число робочих днів в місяці; прийmemo $T_p = 22$ дні;

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Таблиця 4.2 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	15000	681	20	13636,36
Інженер-технолог	12000	545	20	10909,09
Всього				24545,45

Основна заробітна плата робітників, розраховується за формулою 4.2.

$$Z_o = \sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ [грн]} \quad (4.2)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$$C_i = \frac{M_m K_i K_c}{T_p t_{зм}} \text{ [грн/год]}$$

де M_m — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), 800 грн;

K_i , — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду, 1,7 – 5 розряд

K_c — мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. 1,8

T_p — середня кількість робочих днів в місяці, приблизно 22 дні

$t_{зм}$ — тривалість зміни, год.

Наприклад, розрахуємо погодинну тарифну ставку для виконання робіт з демонтажу обладнання.

$$C_5 = 6700 \cdot 1,7 \cdot 1,8 / 22 \cdot 8 = 116,48 \text{ (грн./год.)}.$$

Таблиця 4.8- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудовісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
015	0,2745	5	139,09	31,45
010	0,0027	5	139,09	0,31
Всього				31,76

Витрати на основну заробітну плату робітників з врахуванням програми випуску складатиме:

$$З_p = 31,76 \cdot 6624 = 72468,32 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата $З_d$ всіх розробників розраховується як (10...12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

$$З_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot З_o .$$

$$З_d = 0,12 \cdot (72468,32 + 24545,45) = 11641,65 \text{ (грн.)}$$

4.4.2 Відрахування на соціальні заходи

До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ — єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$З_n = (24545,45 + 72448,32 + 11641,65) \cdot 0,22 = 23904,19 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Сировина та матеріали

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (4.2)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 3,12 кг, C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 12 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$. B_i – маса відходів i -го найменування, 0,18 кг, C_b – ціна відходів i -го найменування, 4грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь45Л	12	3,12	0,18	4	40,46

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь45 і відповідно отримаємо:

$$M = 12 \cdot 3,12 \cdot 1,1 - 0,18 \cdot 4 = 40,46 \text{ (грн.)}.$$

А для всієї партії:

$$40,46 \cdot 6624 = 268033,53 \text{ (грн.)}$$

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі виріб, які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_{\text{в}} = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.3)$$

де H_j — кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j — покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_u — коефіцієнт транспортних витрат, 1.1

Оскільки проектується і досліджується технологічний процес, то комплектуючими є ріжучий інструмент.

Таблиця 4.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт	Ціна за шт, грн	Сума, грн
Різці токарні	24	140	3360
Свердла	6	180	1080
Фрези	12	450	5400
Вимірювальний інструмент	10	800	8000
Всього			19140

4.4.5 Програмне забезпечення для наукових робіт.

При виконанні МКР використовуються програми, які є у вільному доступі та на підприємстві.

4.4.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{обл}} \cdot t_{\text{вик}}}{T_{\text{в}} \cdot 12}$$

де C_6 – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$t_{\text{вик}}$ – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,2745 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,2745 \cdot 6624 / (8 \cdot 30) = 33,67 \text{ місяців}$$

Таблиця 4.9 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Багатоцільовий	1200 000	12	33,67	280600
Фрезерний ЧПК з	350 000	12	0,33	805
Всього	281405			

4.4.7 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{\text{ени}}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

W_{yi} - встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e - вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

$K_{\text{ени}}$ - коефіцієнт, що враховує використання потужності,

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{opt} + C_{розп} + C_{пост})(1 + \frac{ПДВ}{100\%})$$

C_{opt} - середня оптова ціна електроенергії, яка визначається оператором ринку, грн за 1кВт·год

$C_{розп}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ), грн за 1кВт·год;

$C_{пост}$ - вартість постачання електроенергії від енергорозподільчої компанії до конкретного споживача (без ПДВ), грн за 1кВт·год.

$$C_e = (1150,40 + 293,93 + 3513,57) \cdot (1 + 0,2) / 10^3 = 5,95 \text{ (грн)}$$

Таблиця 4.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи	Сума, грн
Багатоцільовий	10	0,2745	18,37
Фрезерний з ЧПК	10	0,0027	0,18
Всього			18,55

А для всієї партії:

$$18,55 \cdot 6624 = 122\,898,1 \text{ (грн.)}$$

4.4.9 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$B_{св} = 0,22 (24545,45 + 72468,32) = 21343,03 \text{ (грн)}$$

4.4.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуються як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{сп}} = 0,3 (24545,45 + 72468,32) = 29104,13 \text{ (грн)}$$

4.4.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_{\text{в}} = 0,5 (24545,45 + 72468,32) = 48506,88 \text{ (грн)}$$

5.4.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальноавиробничі витрати)» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

$$B_{\text{нзв}}=1,1 (24545,45+72468,32)= 106715,15 \text{ (грн)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат:

$$B_{\text{заг}}=24545,45+72468,32+11641,65+23904,19+268033,53+1914+12000+281405+122895,1+21343,03+29104,13+48506,88+106715,15=1041705,42 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково—дослідної (науково— технічної) роботи та оформлення її результатів, із врахуванням того розробка знаходиться на стадії розробки дослідного зразка:

$$ЗВ=1041705,42/0,5=2083410,84 \text{ (грн)}$$

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p=(5^3 \cdot 3 \cdot 4)/(1041,70542 \cdot 1)=0,18$$

Тобто робота є відносно ефективною.

4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 2624 шт; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 4000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 5150 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від

впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу 250 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2022 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2022-го, 2023-го, 2024-го та 2025-го років.

У 2026 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку Π_i , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n \Delta \Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.13)$$

де Π_o – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

Π_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

g – ставка податку на прибуток. $g = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (250 \cdot 6624 + 5400 \cdot 2624) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 25911369,67 \text{ (грн.)}$$

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (4.15)$$

де Π_i – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{25911369,67}{(1+0.1)^2} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^3} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^4} + \frac{25911369,67}{(1+0.1)^5} = 7467539,26 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$PV = 2 \cdot 2083410,84 = 4166821,67 \text{ грн}$$

$$E_{\text{абс}} = 7467539,26 - 4166821,67 = 3300717,58 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений цю роботу тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_v вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_v = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (4.16)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій PV – теперішня вартість інвестицій;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + 3300717,59 / 4166821,67} - 1 = 0,34 = 34\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{мін}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,1...0,12)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{мін} = 0,11 + 0,10 = 0,21 \text{ або } \tau_{мін} = 21\%$$

Оскільки величина $E_v = 34\% > \tau_{мін} = 21\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = 1/E_v$$
$$T_{ок} = 1/0,34 = 2,95$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,95 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність виробництва та сучасні тенденції, запропонований технологічний процес орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК.

Для оптимізації конструкції деталі виконано її моделювання, що дозволило зменшити товщину стінок на 3 мм, та отримати відповідно економію матеріалу та зменшення собівартості заготовки. Крім того розроблено маршрут механічної обробки. Комп'ютерне моделювання дозволило оптимізувати режими обробки та отримати програму для верстата з ЧПУ. Що дозволило не лише моделювати процес різання, але й врахувати складні фізичні явища, такі як тертя, теплопровідність, деформації та динамічні навантаження. За допомогою методу кінцевих елементів (FEA) прогнозувати напруження і знос інструменту, а також проаналізувати взаємодію між інструментом і заготовкою. Комп'ютерна симуляція дають змогу швидко оцінювати вплив змін параметрів різання на якість обробки та ресурс інструменту. Також моделювання допомагло врахувати реальні умови виробництва, такі як вібрації верстата чи нерівномірність матеріалу заготовки, для досягнення найкращих результатів.

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі.

Визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 3 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу.

З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 57,63%;

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта - доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль, Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 247-252.
2. Дерібо О. В. Досвід викладання спеціальних дисциплін технологічного спрямування на основі комплексного підходу у навчанні студентів бакалаврату спеціальності 131 – Прикладна механіка [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Сердюк // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/16151>
3. Сердюк О. В. Вплив технологічних параметрів на шорсткість поверхні при суміщеній обробці [Електронний ресурс] / О. В. Сердюк, Б. І. Олексюк, О. А. Корчинський // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/16082>
- Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування :навчальний по-сібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
5. Дерібо О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: елект-ронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с. Елек-тронний ресурс:
6. https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927

7. Мельничук П. П. Технологія машинобудування: підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с.
8. Якимов О. В., Гусарев В. С., Якимов О. О., Лінчевський П. А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с
9. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
10. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
11. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90 с.
12. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / [Ж. П.Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
13. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А.Кирилович, П. П, Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
14. . Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування / [Дусанюк Ж. П., Сивак І. О, Дусанюк С. В., Репінський С. В.]. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 105 с.
15. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
16. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А.Кирилович, П. П, Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

18. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

19. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниць та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

20. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.

21. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.

.

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Корпус 41.01".

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
 (БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
 (кафедра, факультет)

Показники звіту подібності

Оригінальність 75 Схожість 25

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____ Мазурін В.В.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк О.В.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
Керуюча програма

№060 M4 *

№061 M39 *

№062 G97 *

№063 S386 *

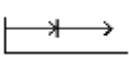
№064 G95 *

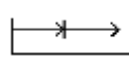
№065 F60

№066 T1

№067 X9700  *

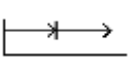
№068 Z0

№069 X-700 

№070 X1000  *

№071 Z-3000

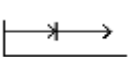
№072 Z-6000 *

№073 X2000  *

№074 Z-7500

№075 Z-8500

№076 G3 *

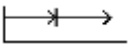
№077 X1000  *

№078 Z-10000 *

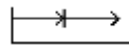
№079 P2000 *

№080 P500

№081 Z-12000

№082 X1000 

№083 G2 *

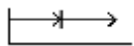
№084 X1000  *

№085 Z-13500 *

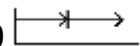
№086 P-3500 *

№087 P-2000

№088 Z-14500

№089 X200 

№090 Z0 

№091 X-6000 

№092 G25 *

№093 P 69 91 *

№094 P12

№095 X3100

№096 G25 *

№097 P 70 90 *

№098 P1

№099 G96 *

№100 P 200 *

№101 P800 *

№102 S167

№103 G95 *

№104 F30

№105 X3300

№106 Z0

№107 X3000

№108 G25 *

№109 P 70 90 *

№110 P1

№111 T2

№112 G95 *

№113 F10 *

№114 G97 *

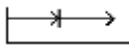
№115 S573

№116 X4200  *

№117 Z-5000

№118 G75 *

№119 X3000 *

№120 Z600  *

№121 P400

№122 T3

№123 M5

№124 D30

№125 G95 *

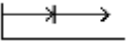
№126 F22 *

№127 G97 *

№128 S531

№129 X0  *

№130 Z200

№131 G73  *

№132 X20000 *

№133 Z-4000 *

№134 P2250

№135 T4

№136 G95 *

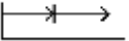
№137 F38 *

№138 G97 *

№139 S295 *

№140 X0  *

№141 Z200

№142 G73  *

№143 Z-1500 *

№144 Z200 *

№145 P1500

№146 T5

№147 G95 *

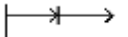
№148 F100 *

№149 G97 *

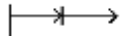
№150 S573

№151 X0  *

№152 Z200

№153 G33  *

№154 X10000 *

№155 Z-3200  *

№156 X20000  *

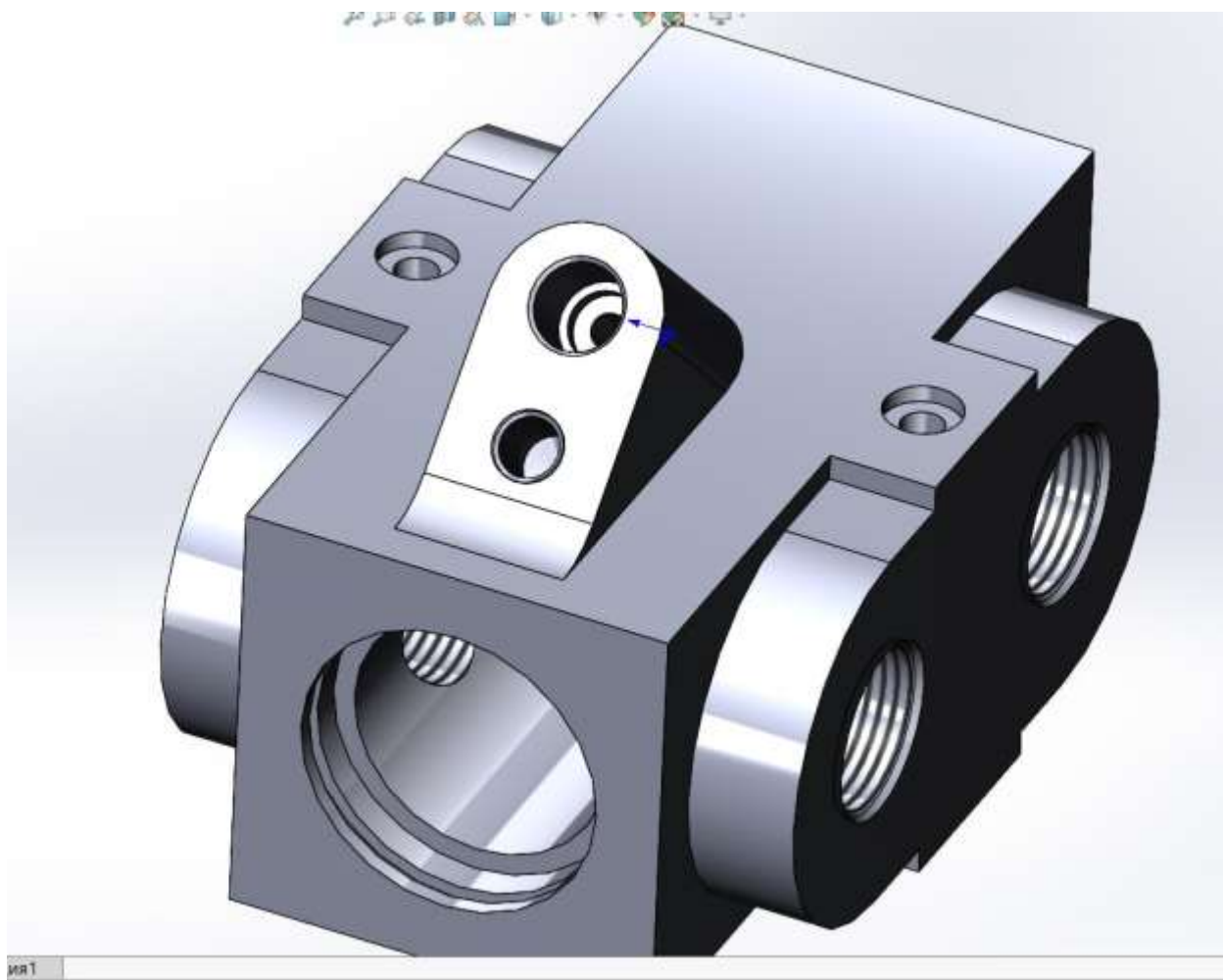
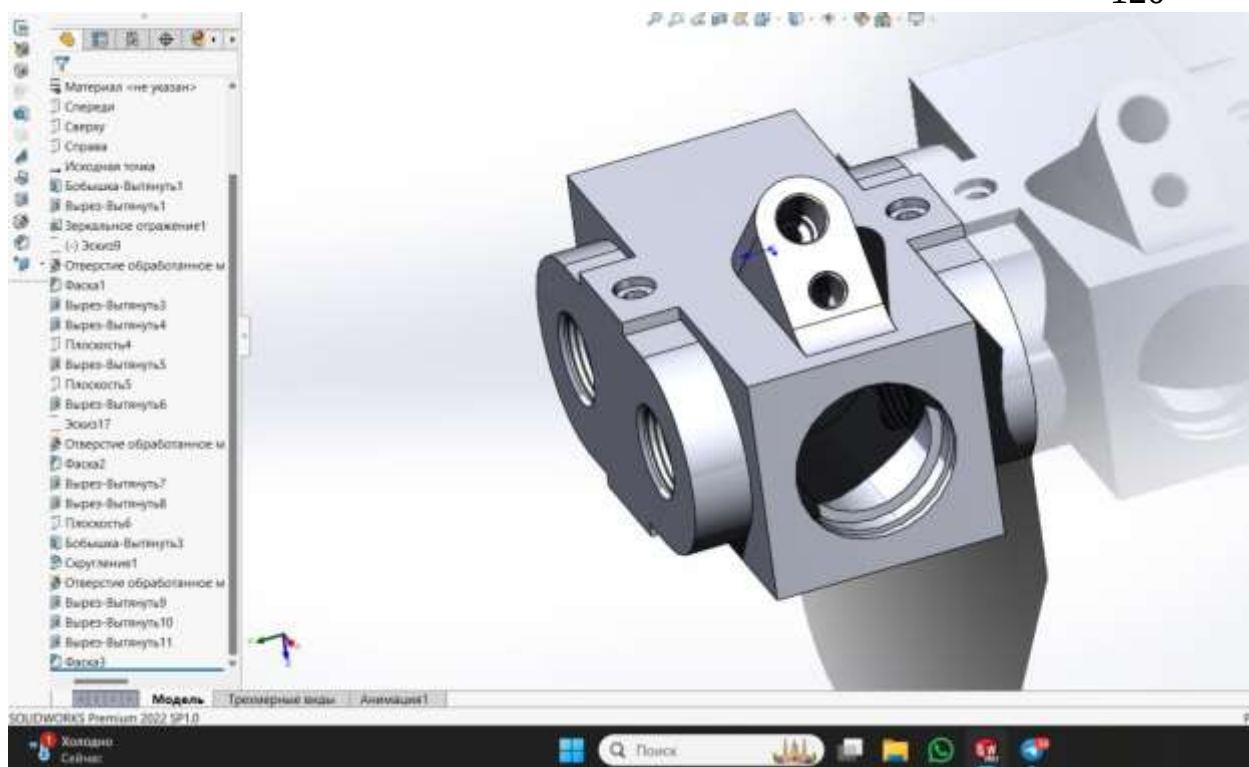
№157 Z20000

№158 M5

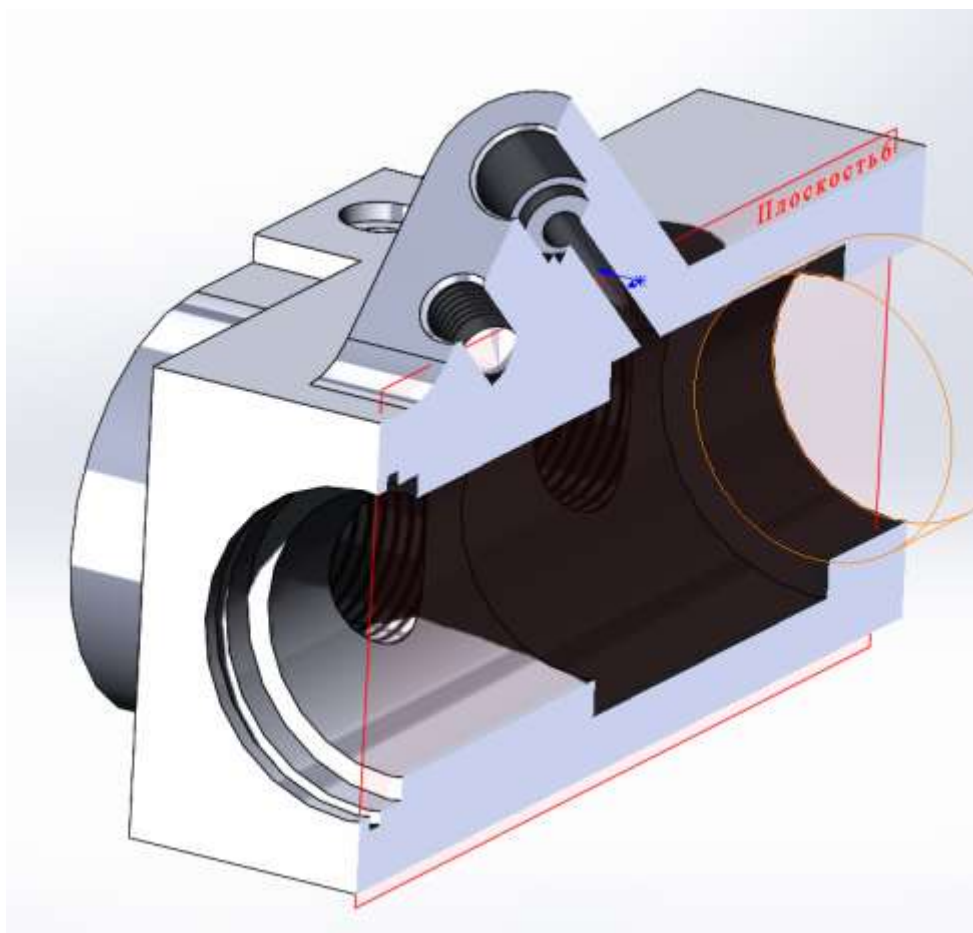
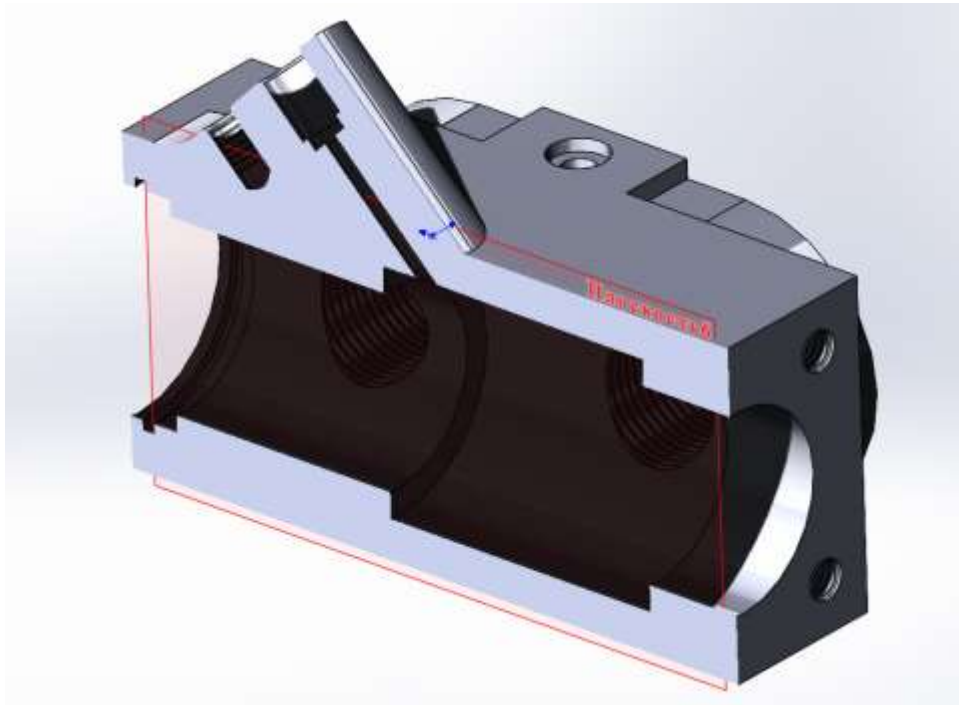
№159 M30

Додаток В

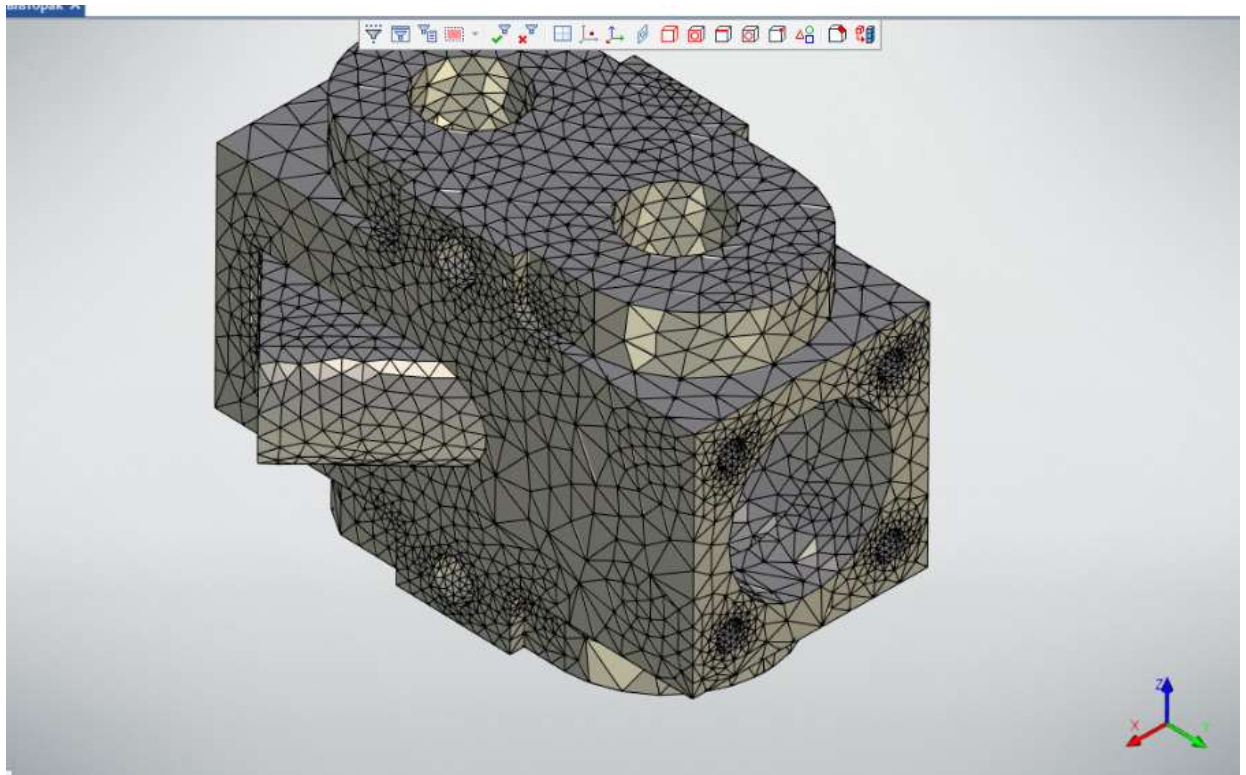
Графічна частина



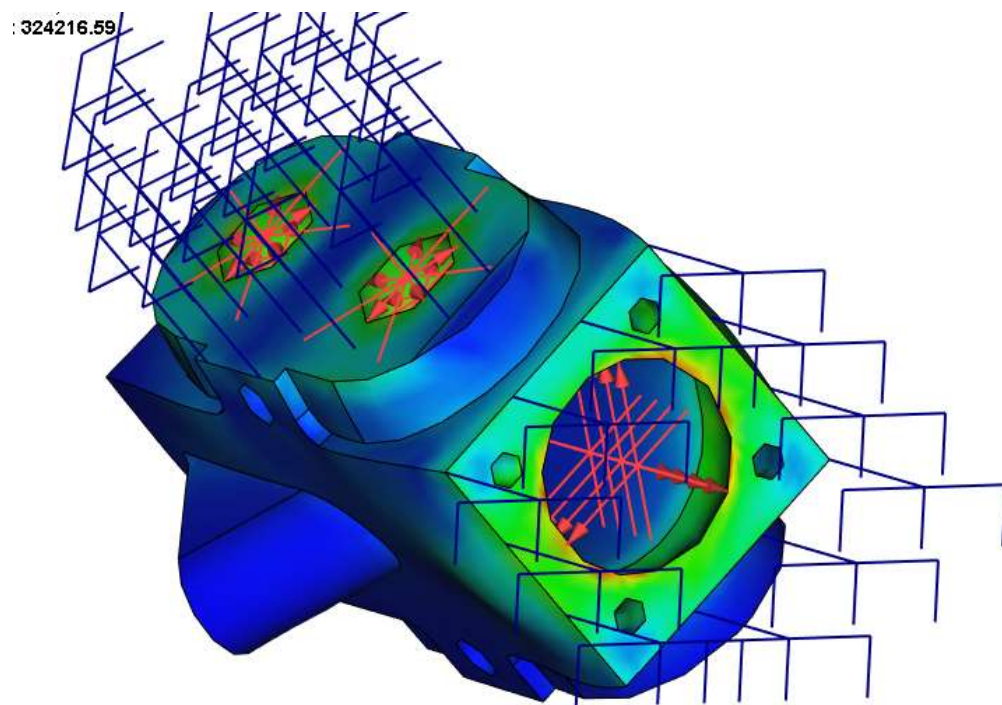
Твердотільна модель деталі Корпус 41.01



Переріз деталі Корпус 41.01

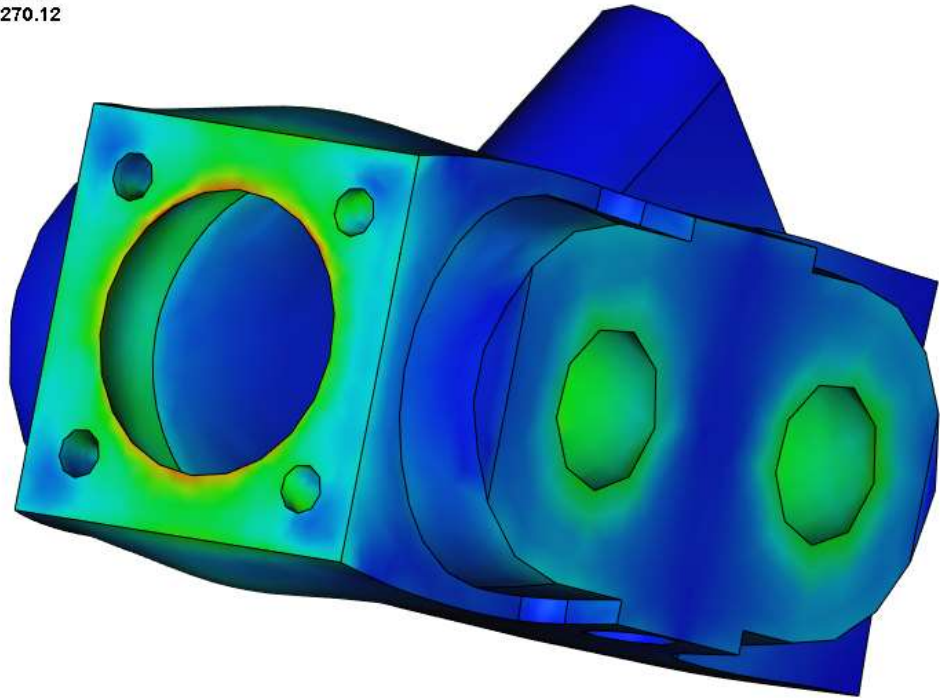


Розбиття деталі на кінцево-елементні частинки



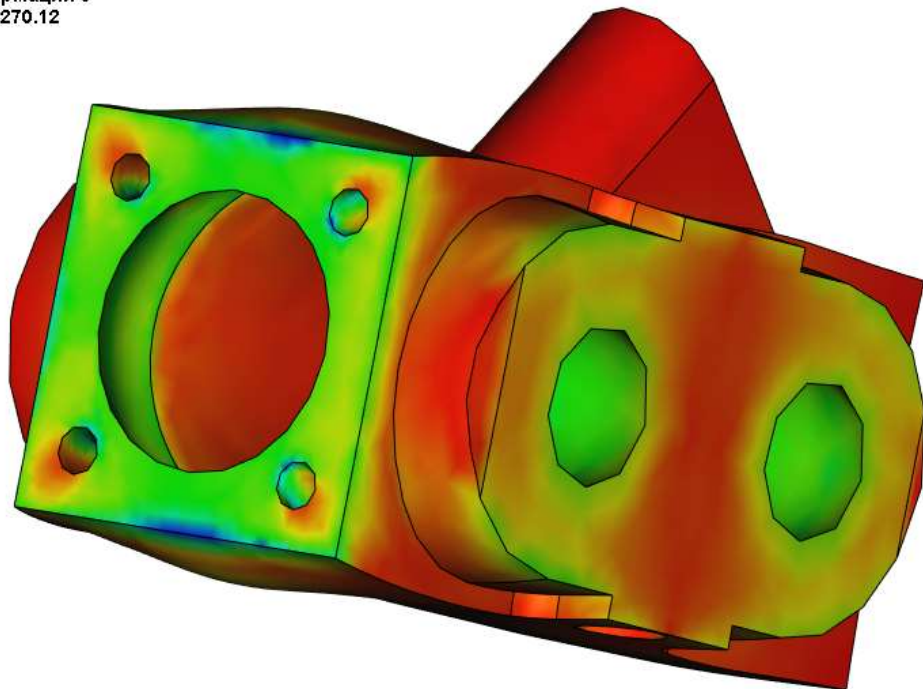
Еквівалентні напруження

Результат
напряжений, МПа
модель: 777270.12

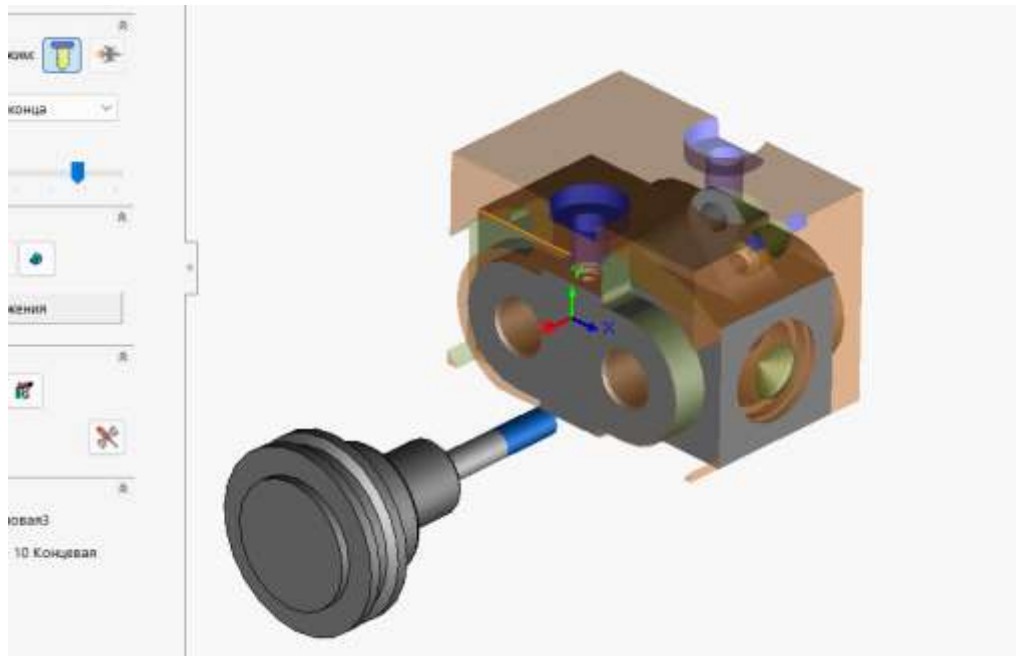


Інтенсивність напружень

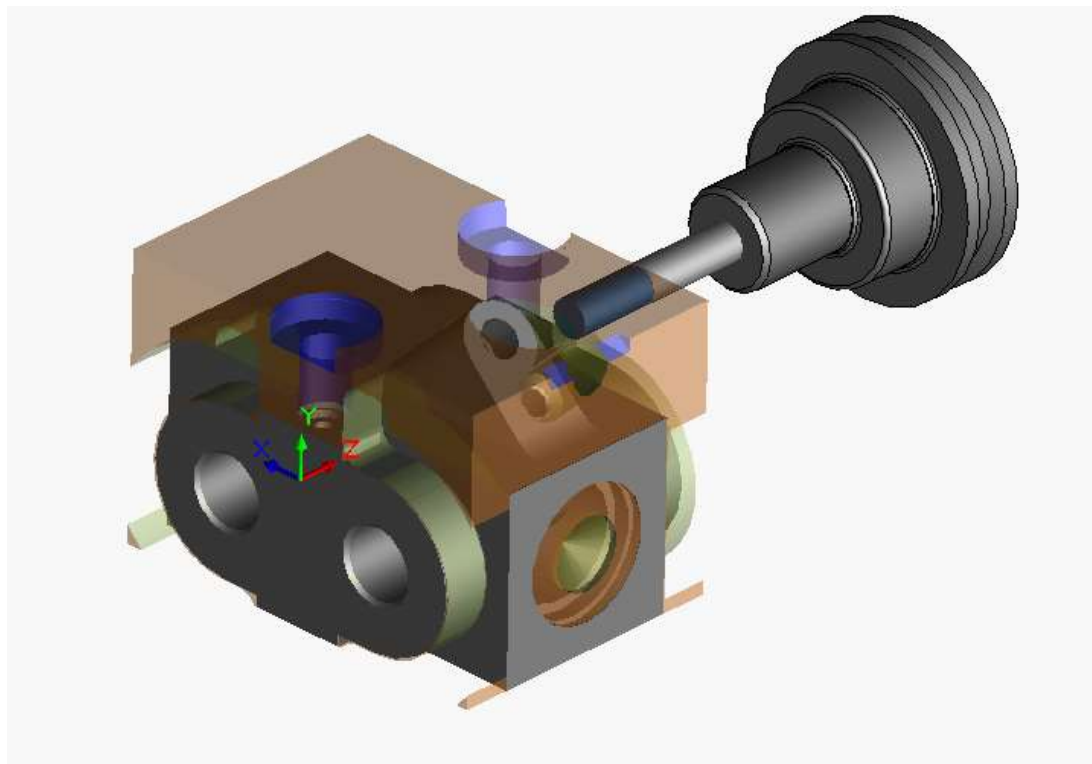
Результат
главные деформации 3
модель: 777270.12



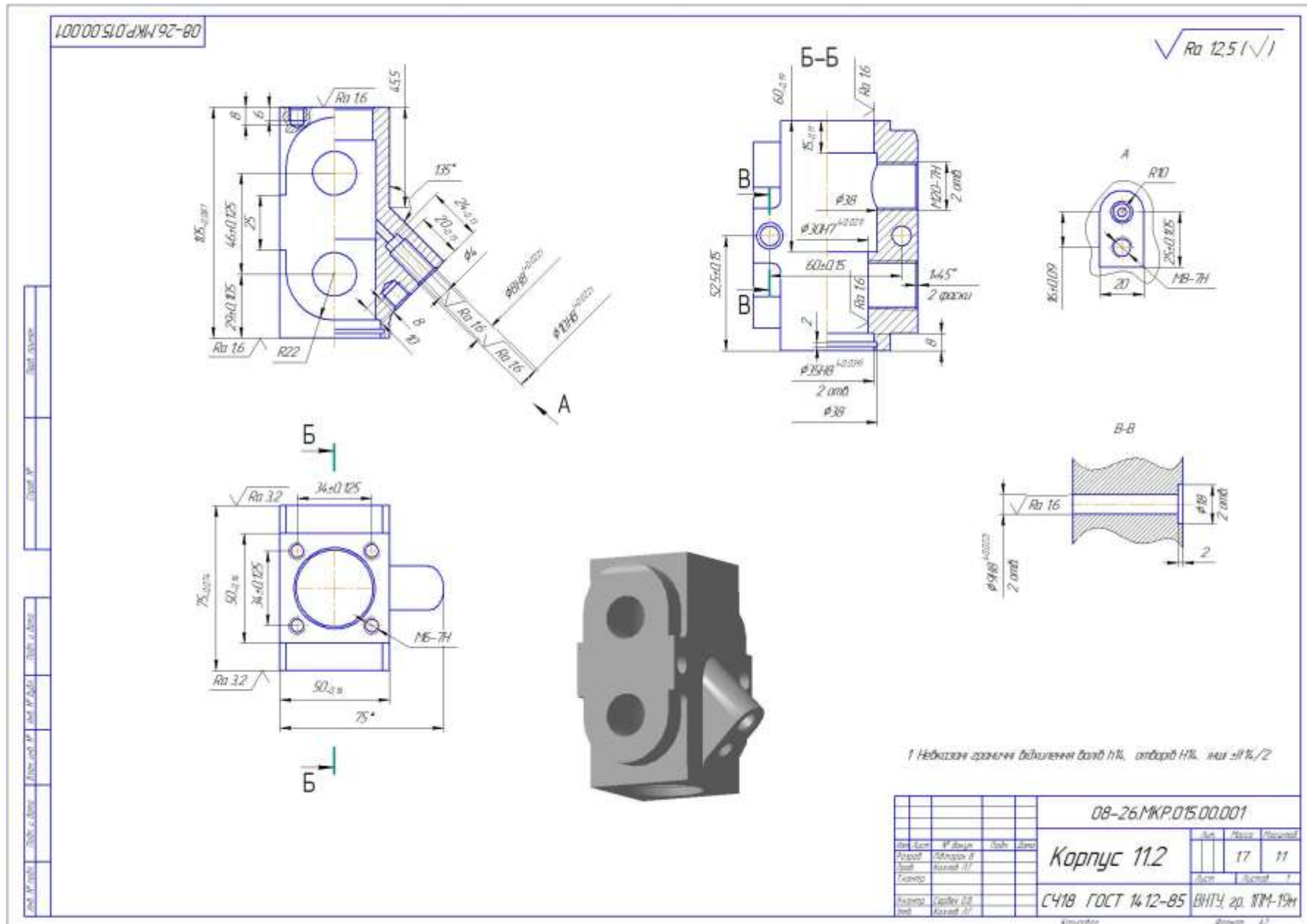
- Главные нормальные деформации



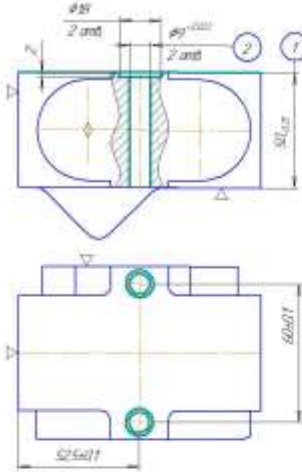
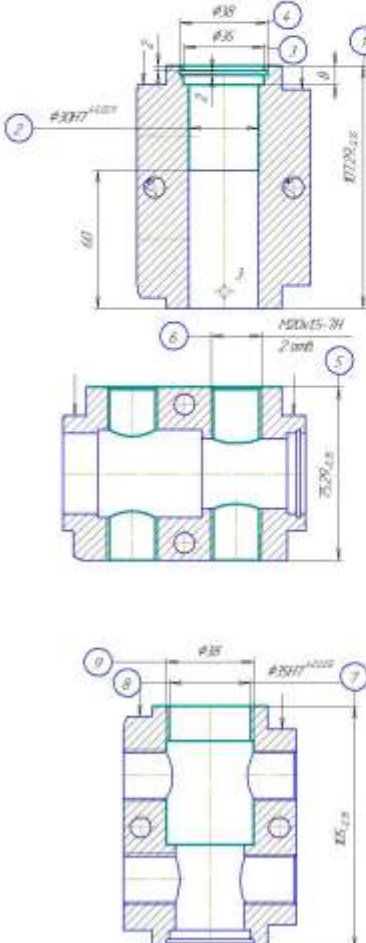
Фрезерування по контуру виступу



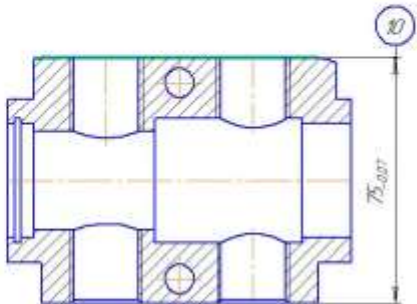
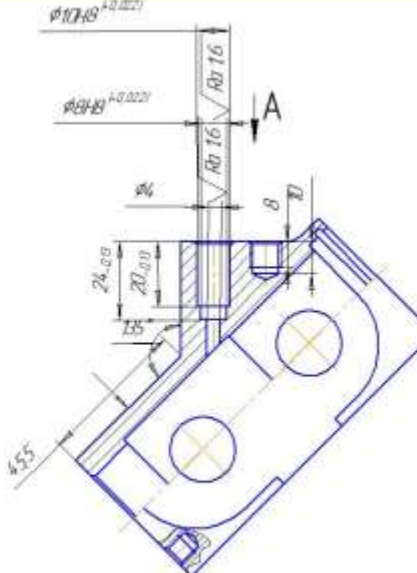
Фрезерування корпусу



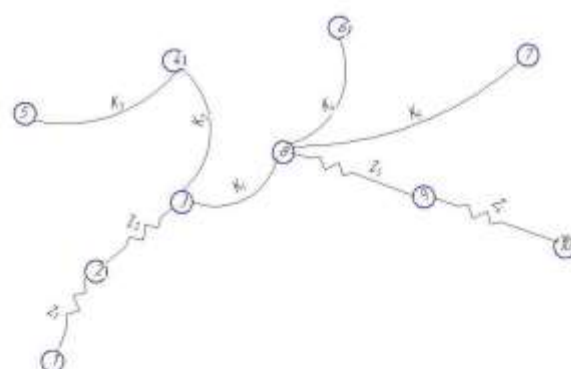
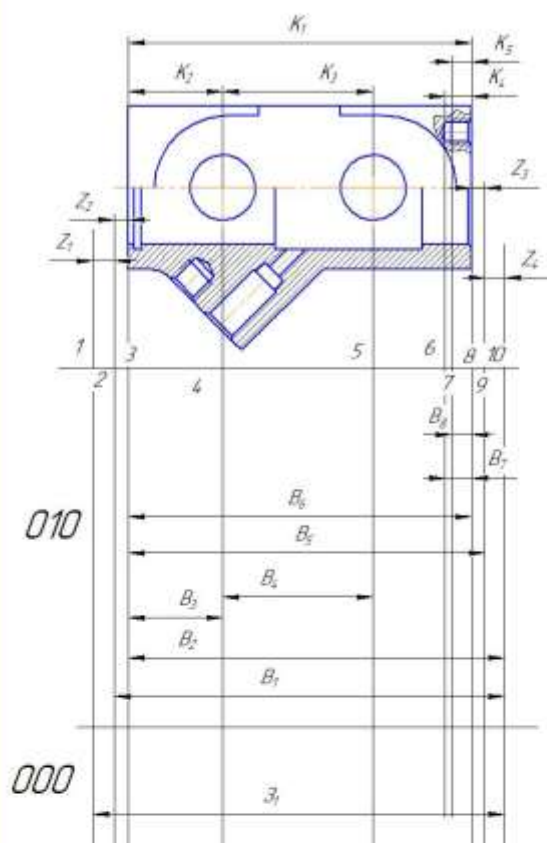
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	Фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 50,41-0,43) 3 Фрезерувати площину 1 остаточно в розмір згідно ескізу 4 Центрувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 5 Свердлити 2 отвори 2 в розмір $\Phi 8,21(+0,18)$ 6 Цекувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 7 Зенкерувати 2 отвори 2 в розмір $\Phi 8,81(+0,043)$ 8 Розвернути 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 9 Зняти заготовку	$\sqrt{Rz 325} \sqrt{V}$  Небескии граници відхилення розмірів отвору H8, валу h8, інші IT8/2	Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	Багатоцільова 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торець 1 в розмір 108,761-0,87) 3 Розточити отвір 2 попередньо в розмір 29,24(+0,3) 3 Розточити отвір 3 в розмір згідно ескізу 4 Розточити канавку 4 в розмір згідно ескізу 5 Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу 6 Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу 7 Фрезерувати торець 1 остаточно в розмір згідно ескізу 8 Подвернути деталь на 90 9 Фрезерувати торець 5 попередньо в розмір 781-0,87) 10 Центрувати 2 отвори 6 в розмір згідно ескізу 11 Свердлити 2 отвори 6 в розмір 101-0,3) 12 Розсвердлити 2 отвори 6 в розмір 171-0,3) 13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6 в розмір згідно ескізу 14 Нарізати різь в 2 отворах 6 в розмір згідно ескізу 15 Фрезерувати остаточно площину 5 в розмір згідно ескізу 16 Подвернути деталь на 90 17 Фрезерувати площину 7 попередньо в розмір 105,741-0,14) 18 Розточити отвір 7 в розмір згідно ескізу 19 Розточити отвір 7 в розмір згідно ескізу 20 Розточити отвір 8 в розмір згідно ескізу 21 Розточити отвір 8 остаточно в розмір згідно ескізу 22 Фрезерувати торець 7 остаточно в розмір згідно ескізу	$\sqrt{Rz 325} \sqrt{V}$  Небескии граници відхилення розмірів отвору H8, валу h8, інші IT8/2	Багатоцільова з ЧПК ЛТ260МФ3 з підваротним столом

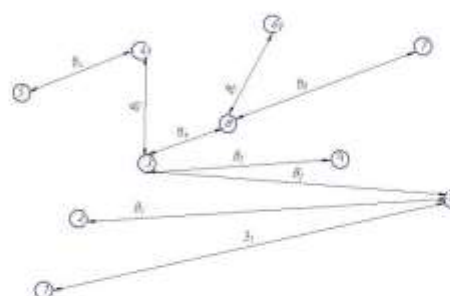
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
010	23 Повернути деталь на 90 24 Фрезерувати торець 10 попередньо в розмір 75,74(-0,14) 25 Фрезерувати торець 10 остаточно в розмір згідно ескізу 26 Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 125}\ (\checkmark)$  <i>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</i>	Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом
015	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 в розмір згідно ескізу 3 Центрувати 2 отвори 2 та 3 в розмір згідно ескізу 4 Свердлити отвір 2 в розмір згідно ескізу 5 Цекувати отвір 2 в розмір згідно ескізу 6 Цекувати отвір 2 в розмір згідно ескізу 7 Свердлити отвір 3 в розмір 7(+0,12) 8 Зенкувати фаску в отворі 3 в розмір згідно ескізу 9 Нарізати різь в отворі 3 в розмір згідно ескізу 10 Зняти деталь	$\sqrt{Ra\ 125}\ (\checkmark)$  <i>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</i>	Фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

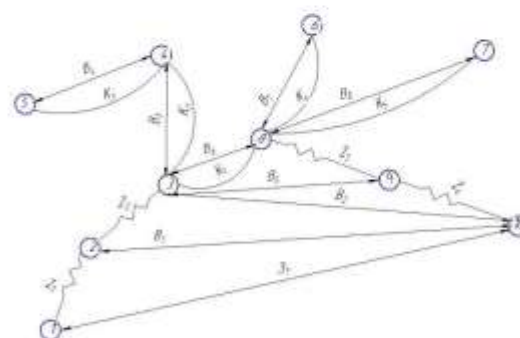
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

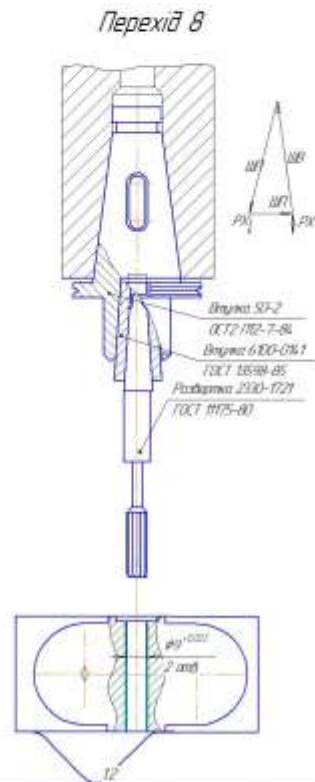
№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома даних
1	$B_4 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	B_3
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	B_7
3	$B_8 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	B_3
5	$B_3 - K_2 = 0$	$B_7 = K_2$	B_5
6	$B_2 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_6$	B_5
7	$B_2 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_5$	B_2
8	$B_1 - Z_5 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
9	$B_1 + Z_1 - Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_3 - B_1$	Z_1

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів	Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір			
3_1	109,96	112,16	2,2	112,16	112,16 $_{-2,2}$
B_1	107,89	108,76	0,87	108,76	108,76 $_{-0,87}$
B_2	106,94	107,29	0,35	107,29	107,29 $_{-0,35}$
B_3	28,895	29,105	0,21	29	29 $_{-0,105}^{+0,105}$
B_4	45,875	46,125	0,25	46	46 $_{-0,125}^{+0,125}$
B_5	105,6	105,74	0,14	105,74	105,74 $_{-0,14}$
B_6	104,913	105	0,087	105	105 $_{-0,087}$
B_7	7,82	8,18	0,36	8	8 $_{-0,18}^{+0,18}$
B_8	5,85	6,15	0,3	6	6 $_{-0,15}^{+0,15}$

Таблиця 3 - Припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$Z_{\text{нпн}}$	1,2	0,6	0,6	1,2
$Z_{\text{нпс}}$	4,27	1,82	0,827	1,69

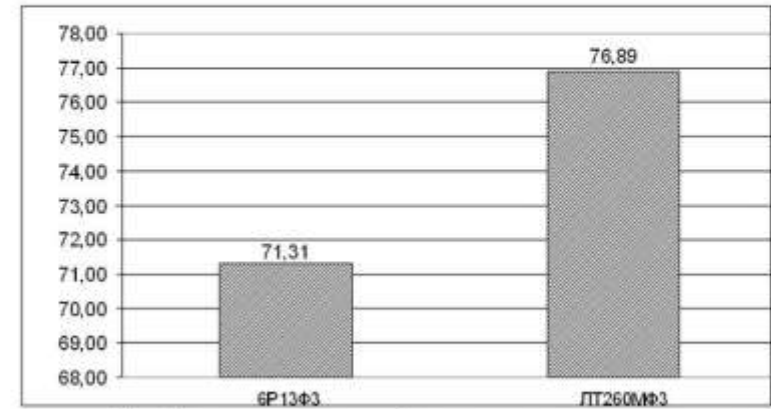


005	8	Подобный авто	0,05	0,05	900	90
	7	Земельный авто	0,2	0,1	960	17
	6	Земельный авто	15	0,16	8,20	20
	5	Подобный авто	4	0,67	5,30	21
	4	Земельный авто	25	0,18	6,88	23
	3	Земельный авто	2	0,18	9,00	300
007	2	Земельный авто	2	0,18	9,00	300
	1	Земельный авто	2	0,18	9,00	300
		Земельный авто	0,05	0,05	900	90
008		Земельный авто	0,05	0,05	900	90
		Земельный авто	0,05	0,05	900	90

Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання

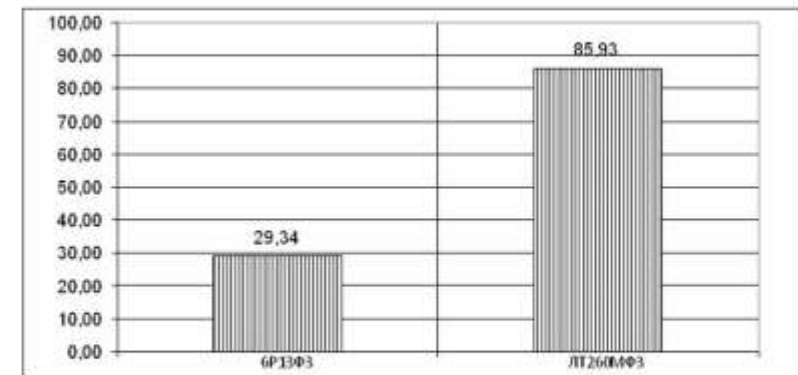
N _{об}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові
00-015	Фрезерна з ЧПК	0,2933	1	0,2933	57,63	0,7131
010	Багатоцільова з ЧПК	0,859	1	0,859		0,7689



Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 2 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, C _{пр}	Ф _д , год	K _ч	K _м	P, чол	P _{пр} , чол
Фрезерний з ЧПК	1	1840	0,2933	1	0,329	1
Багатоцільовий з ЧПК	1		0,859	1	0,96	1



Графік завантаження обладнання