

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування записом державного реєстру)


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

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повне найменування кафедри, предметної, спеціальної комісії)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ А54"»**
08-64.МКР.026.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи ППМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

 Якимчук А.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., професор каф. ТАМ

 Буренников І.О.
(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2023 р.


Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Кузнєцов С.В.
(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

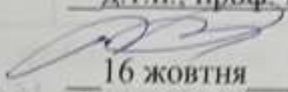
 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 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.

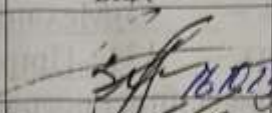
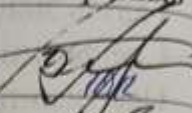
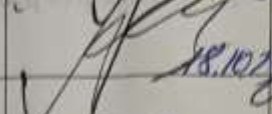
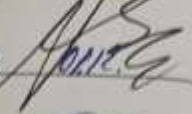
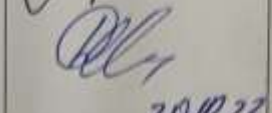


16 жовтня 2023 року

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Якимчук Артур Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54"
керівник роботи к.т.н., проф. Буренніков Ю.А.
затверджені наказом ВНТУ від 18.09.2023 року № 274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі вал А54, програма випуску 2000шт
4. Зміст текстової частини: Моделювання процесу точіння деталі типу вал, технологічна частина, економічний частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу: креслення деталі вал А54 заготовки, маршрут механічної обробки, карта налагодження, розмірний аналіз, моделювання процесу точіння деталі типу вал

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., проф. Буренніков Ю.А.	 16.10.23	 16.10.23
Економічна частина	К.е.н., проф. Лесько О.Й.	 18.10.23	 18.10.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 20.10.23	 31.11.23


7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Г
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 25.10.2023	
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2023	
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2023	
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2023	
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2023	
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2023	
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2023	
	Попередній захист МКР	до 02.12.2023	
	Перевірка роботи плагіат	до 04.12.2023	
	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2023	
	Рецензування МКР	до 13.12.2023	
	Захист МКР	до 20.12.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Якимчук А.А.

Буренніков Ю.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374.415

Якимчук А.А. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2021. 143 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 26; табл. 43.

У магістерській кваліфікаційній роботі зроблено модель чорнового та чистового точіння валу А54.Що дозволило зменшити час механічної обробки і згенерувати програму для верстата з ЧПК.

У технологічній частині спроектовано заготовку валу, маршрут механічної обробки, виконано розмірний аналіз, що дозволило визначити технологічні розміри. Крім того побудована карта налагоджень, де показано траєкторії переміщення інструменту та спроектовано ділянку механічної обробки.

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

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: точіння, програма для верстата з ЧПК, траєкторія переміщення інструменту, маршрут механічної обробки, режими обробки.

ABSTRACT

Yakymchuk A.A. Improvement of the design and technological process of processing the workpiece of the "Shaft A54" part. Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2021. 143 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 34 titles; Fig.: 26; table 43.

In the master's qualification work, a model of rough and finish turning of the A54 shaft was made. This made it possible to reduce the time of mechanical processing and generate a program for a CNC machine tool.

In the technological part of the designed shaft blank, the mechanical processing route, a dimensional analysis was performed, which made it possible to determine the technological dimensions. In addition, a debugging map was built, which shows the trajectories of tool movement and designed the machining section.

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

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

Key words: turning, program for a CNC machine tool, tool movement trajectory, machining route, payback modes.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ	6
1.1 Обладнання для формоутворення деталей складної форми	6
1.2 Середовища написання керуючого	9
1.3 Дослідження деталі типу вал та створення програми для його механічної обробки	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	18
2.2 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	24
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	29
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності	36
2.5 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	37
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, вибором типів верстатів та зображенням схем базування та обробки	39
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	41
2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø25k7	48
2.9 Визначення (за нормативами) режимів різання аналітичним способом	53
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	59
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	62
3.1 Розрахунок приведеної програми	62
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	67
3.3 Розрахунки кількості робітників на дільниці	70
4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	73

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	73
параметри процесу.	74
4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	75
4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	76
4.4 Оцінювання	83
4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	83
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	88
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	88
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	90
5.3 Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.	96
ВИСНОВКИ	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	103
Додаток А(обов'язковий) ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	107
Додаток Б (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	109
Додаток В (обов'язковий) Специфікації	119
Додаток Г (довідниковий) Програма для верстата з ЧПУ	122

ВСТУП

Актуальність. Сучасне виробництво характеризується як найбільш продуктивне та ефективне, та з кожним роком технології неупинно крокують уперед. Таким чином модернізація виробництва завжди була, є і буде нагальною потребою. В сфері виробництва товару однією з задач, що постають перед постачальником, зниження видатків, підвищення ефективності, скорочення як циклу випуску так і строків запуску виробів. Як правило для виготовлення подібних деталей необхідно детально вивірена технологія та створення комплексу верстаного обладнання необхідного для отримання необхідного результату та для отримання продукції високої якості. Все це займає значний час, що приводить до збільшення підготовчого періоду запуску виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу вал 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**:

- виконати моделювання навантаження деталі засобами solid works;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Вал А54»
- розробити програму для обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;

- 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 «Вал».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал А54».

Методи дослідження. Метод кінцевих елементів, що дозволив дослідити деталь при її навантаженні. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал».

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал» 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. Результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції: Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», 15 жовтня 2023 р. – 20 травня 2024 р.

Прийнято до друку тезу доповіді: Сердюк О.В., Гіньковський Я. В., Якимчук А.А. «Дослідження процесу суміщеного точіння та обкочування валів»

1 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ

1.1 Обладнання для формоутворення деталей складної форми

Формоутворення деталі відбувається шляхом заглиблення ріжучого інструменту в поверхню заготовки та видалення встановленого припуску в процесі утворюється стружка, а результатом є готова деталь.

Для формоутворення поверхонь складної форми, найбільш поширені у використанні фрезерні верстати з ЧПК.

Ключовими перевагами даного типу верстатів є:

- Повне забезпечення повторення технологічного процесу;
- Сучасні програми моделювання та автоматизації виробництва дозволяють максимально швидко й просто писати керуючу програму, що зменшить час обробки та терміни запуску виробництва;
- Можливість приводів верстату відтворити потрібні рухи робочих органів з заданою точністю за розрахований час за попередньо заданими командами;
- Використання верстатів з ЧПК дає виробництву перевагу у вигляді швидкого переорієнтування виробництва та переналагодження для випуску нової продукції;
- Обробка не потребує втручання оператора у сам процес, а лише певний контроль за оснащенням.

Доцільним та ефективним використанням верстату з ЧПК є коли [1]:

- кількість верстатів, що він може замінити лежить в межах від 2 до 8 одиниць;
- можливо скоротити кількість працівників мінімум на 20-30%;
- можливе зниження трудомісткості виготовлення деталей на 25-80%;

- скорочення строків на підготовку та налагодження виробництва на 50-70%;
- збільшення частки машинного часу у структурі операції та ростом продуктивності праці до 75%;
- скорочення загального часу циклу виготовлення продукції на 50-60%;
- зменшення вартості проектування та виготовлення оснащення від 30 до 80%;
- зменшення кількості браку, підвищення точності обробки в 2-3 рази, забезпеченням взаємозамінності деталей;
- зменшення об'єму та необхідного часу на виконання розмітки та слюсарних робіт в 4-8 разів.

У сучасності верстати з ЧПК [2] показали себе максимально ефективними при обробці складних деталей та поверхонь, при серійному виробництві. Кожне виробництво ставить на меті, в майбутньому, повний перехід на верстати з ЧПК. Але верстати мають високу вартість та заплановану програму обслуговування, що також не є з дешевих, тому постає питання максимальної оптимізації виробництва з мінімальним часом простою, обробки, допоміжного часу. У зв'язку з умовами ринкової економіки України, великого поширення здобули, більш дешеві, верстати з ЧПК, що мають три координати керування, хоча використання п'яти-координатних верстатів є більш доцільним.

Найпопулярнішим є поєднання трьохкоординатного верстату з ЧПК з середньою точністю та поворотного столу (як з однією керованою віссю, так і з двома), таким чином отримаємо п'ятикоординатний верстат за найменшу ціну, дешевий в обслуговуванні малий за габаритами, але менш точний. Яскравим прикладом такого поєднання є використання продукції компанії HAAS, доступна ціна та середня точність верстатів робить їх конкурентами до високовартісних п'ятикоординатних верстатів, хоча в компанії існують і власні п'ятикоординатні

верстати, вони в ціні будуть все одно дорожче за зв'язку: поворотний стіл + трьохкоординатний ЧПК.



Рисунок 1.1 - Повортний стіл та трьохкоординатний верстат компанії «НААС»

Простота програмування системи FANUC/HAAS дозволяю швидко і ефективно навчати операторів для забезпечення ефективного виробництва, а широка номенклатура обладнання, що поєднуються між собою, дозволяє будувати ефективні дільниці високо гнучкого виробництва. Таким чином поворотний стіл може працювати з усією продукцією фірми та може підпорядковуватись загальному керуючому коду без додаткових змін. За потреби стіл можна замінити без зміни коду (окрім габаритних маркерів) і продовжити випуск деталей.

Все це, і багато інших позитивних пунктів, дозволило компанії зайняти лідируючі позиції на ринку ЧПК верстатів, зокрема в Україні представлений офіс та демонстраційна дільниця компанії, продукція має великий попит та позитивні відгуки покупців.

Сучасні різноманітні комплекси програмного забезпечення, дають можливість спеціалістам повністю автоматизувати процес конструкторської та технологічної підготовки виробництва деталей будь-якої геометричної складності.

1.2 Середовища написання керуючого

NX це CAD/CAM/CAE-система САПР (система автоматичного проектування) виробництва компанії Siemens PLM Software. Програма використовує ядро геометричного моделювання Parasolid. NX підтримує широкий спектр операційних систем, включаючи UNIX, Linux, Mac OS X, Windows з можливістю одночасного використання декількох ОС. NX CAM — модуль підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК, підтримує різні види обробки: токарну, фрезерну на 3-5-осьових верстатах з ЧПК, токарно-фрезерну, електроерозійну дротяну обробку. Система NX CAM підтримує прогресивні види обробки і устаткування: високошвидкісне фрезерування, обробку на основі елементів, токарнофрезерні багатофункціональні верстати. Містить вбудований модуль симуляції обробки на верстаті, що працює в кодах керуючої програми (G-code), який використовується для аналізу керуючих програм і забезпечує контроль зіткнень. Має асоціативний зв'язок між вихідною моделлю і сформованою траєкторією інструменту забезпечує автоматичне оновлення даних при внесенні змін. Програма широко використовується в машинобудуванні, здобула популярності в компаніях, що випускають вироби з високою щільністю компоновки та великою кількістю деталей складної форми .

Autodesk PowerMILL [3] – це програмний продукт САПР компанії Autodesk Inc. (США).

Система призначена для програмування складних видів фрезерної обробки на багатівісьових верстатах з ЧПК. Містить високоефективні стратегії обробки, що дозволяють значно скоротити час обробки на верстаті та підвищити якість оброблених поверхонь. Програма має велику кількість модулів і можливостей від програмування 2D обробки до 3D, як на трьохосьових верстатах, так і на п'ятиосьових, має власні підпрограми оптимізації припуску,

траєкторії, що дозволяє значно скоротити час обробки. Дозволяє виконувати моделювання на малопотужних комп'ютерах, має тісну інтеграцію з CAD/CAE програмами, дозволяє редагувати та створювати 3D/2D моделі [3]. Все із переліченого робить її також привабливою для певного сегменту покупців, при цьому щорічні напрацювання та оновлення роблять програмний продукт Autodesk PowerMILL достойним конкурентом на ринку.

SolidCAM [4]– це інструмент швидкого та легкого створення керуючих програм для токарних, фрезерних та електроерозійних верстатів з ЧПК. Використання SolidCAM як інтегрованого додатку до програмних продуктів, що входять до складу Autodesk Inventor Series/Professional, що надає можливість створення повнофункціональної CAD/CAM – системи. Програма підтримує всі методи обробки отворів, двух-, трьох- та чотирьохосьову фрезерну обробку, п'ятиосьову позиційну і неперервну фрезерну обробку, високошвидкісну фрезерну обробку, токарну та токарно-фрезерну обробку, електроерозійну обробку. Завдяки інтеграції SolidCAM та Autodesk Inventor всі операції обробки визначаються, розраховуються та перевіряються безпосередньо у середовище Autodesk Inventor. Використовувані при обробці двовимірні та тривимірні геометричні дані підтримують повноцінний асоціативний зв'язок з конструкторським проектом Autodesk Inventor. При внесенні змін геометричних параметрів в проект у Autodesk Inventor програма SolidCAM дозволяє автоматично перевизначити всі операції обробки згідно до змінених параметрів. Однією з відмінних особливостей SolidCAM – орієнтація на підтримку інтелектуальних процесів обробки. Програма надає користувачу можливість створювати та складати шаблони обробки для їх багаторазового використання при обробці аналогічних деталей. Завдяки зручному використанню та великій різноманітності підтримуваних операцій обробки SolidCAM найкращим чином підходить для вирішення механообробних задач як в невеликих або середніх цехах

одиночного виробництва, так і на великих промислових підприємствах, що виробляють деталі та вузли в масовому та крупносерійному об'ємі [19].

Завдяки широкому набору функцій та модулів, SolidCAM є універсальним інструментом для будь-якого виробництва: електротехнічної, електронної, автомобільної, машинобудівної, аерокосмічної, тощо. Таке різноманіття обумовлено як можливостями самої програми SolidCAM, так і її інтегруванню з Autodesk Inventor, який є основним середовищем просторового моделювання, застосовуваним майже у всіх галузях.

1.3 Дослідження деталі типу вал та створення програми для його механічної обробки

Для дослідження валу А54 створено його модель в системі SolidWorks. Що дозволило в подальшому провести необхідні розрахунки. Для цього спочатку обрано матеріал, закріплено деталь та прикладено зусилля на внутрішню поверхню. Для розрахунку створено сітку.

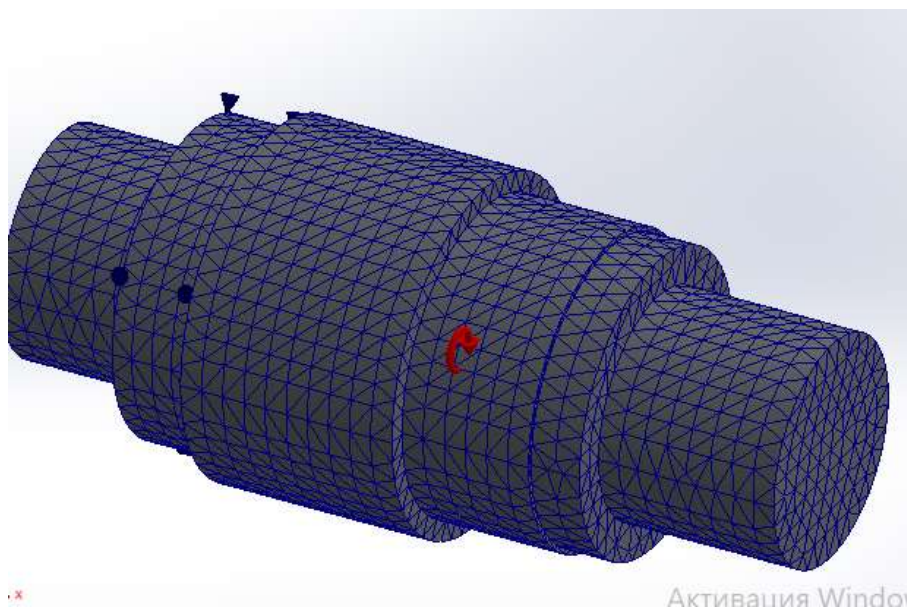


Рисунок 1.2 – Створення сітки на деталі вал А54

Виконаний розрахунок дозволив виявити найбільш небезпечне місце (рисунок 1.3), яка містить концентратори напружень і має найменшу товщину стінки.

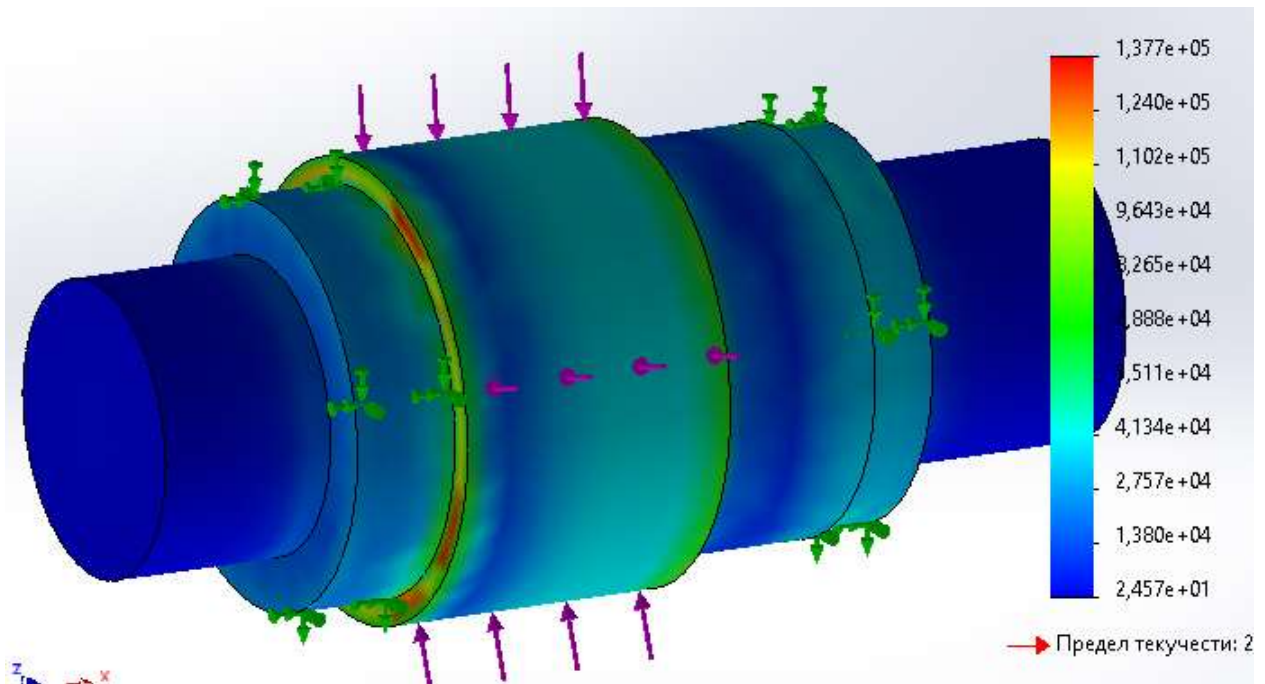


Рисунок 1.3 – Напруження, що виникають при навантаженні валу

Для того, щоб для деталі Вал А54 отримати керуючу програму необхідно спочатку перейти до вкладки CAM Solidworks та обрати необхідний тип верстата.

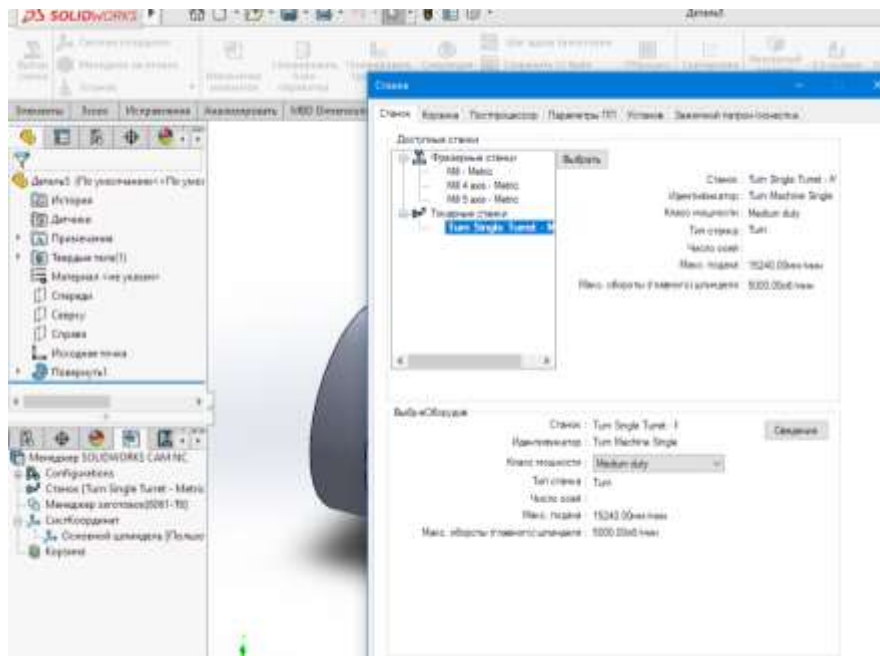


Рисунок 1.4 - Вікно параметрів верстату

Це дозволить обрати відразу доступні інструменти. Крім того потрібно визначити заготовку та її розміри. Після чого задано інтерактивне розпізнавання елементів, тобто шляхом ручного вибору елементів деталі, призначення відповідних режимів обробки і вибору відповідного інструменту, що не були створені при автоматичному розпізнаванні елементів.

Після чого в дереві елементів створено операції, та виконано генерацію плану операцій. Та генерацію траєкторії руху інструменту

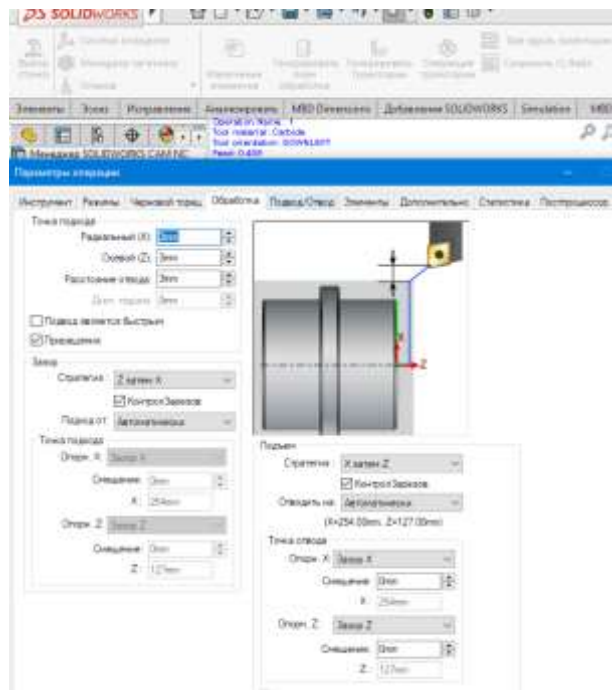


Рисунок 1.5 – Вибір ріжучого інструменту

CAM Solidworks розрахує траєкторію руху інструменту за складеним планом операцій і геометрії деталі.

Для цього потрібно закріпити деталь. В даному випадку закріплення відбувається в трьохкулачковому патроні.

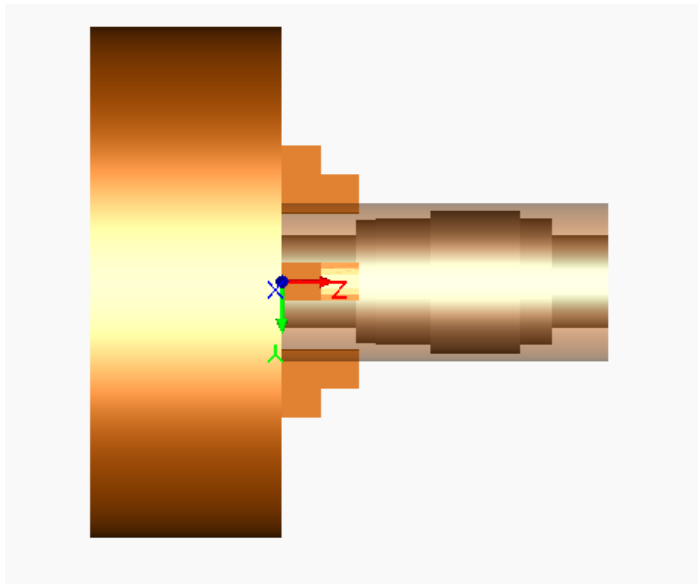


Рисунок 1.6 – Закріплення деталі

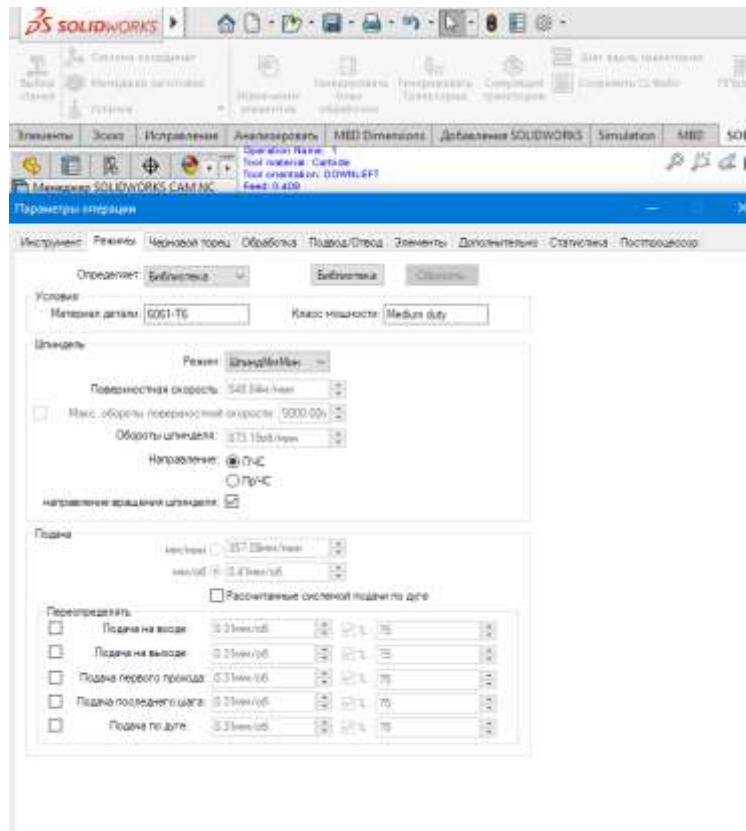


Рисунок 1.7 – Автоматичний розрахунок режимів обробки

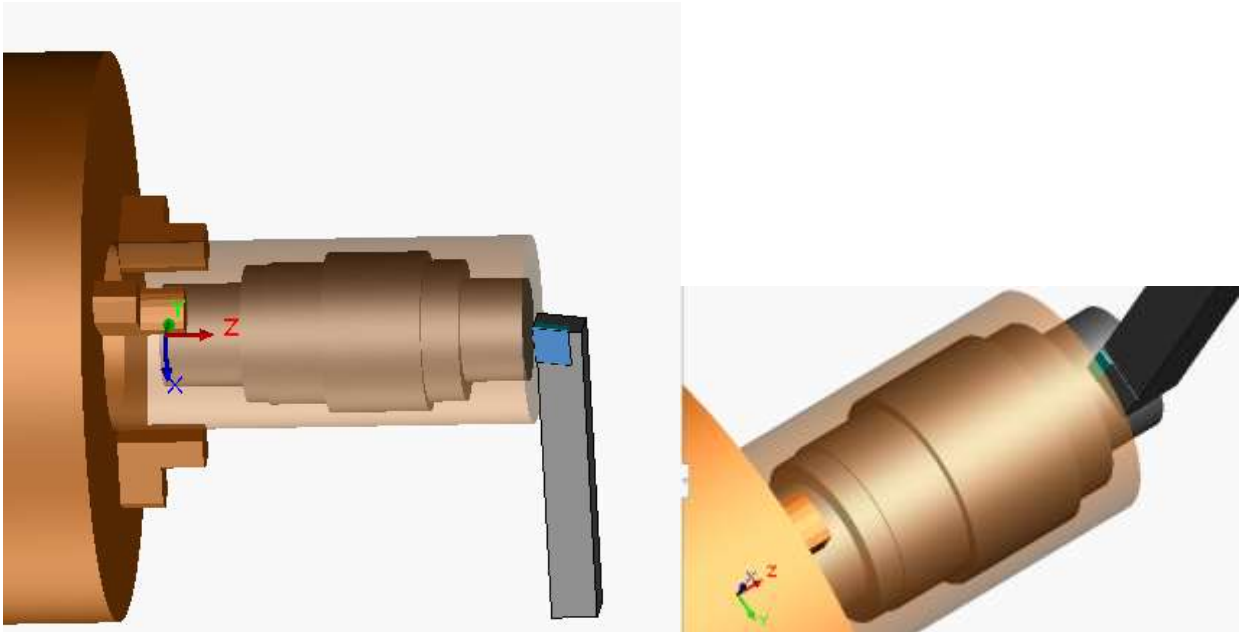


Рисунок 1.8 – Операція чорнового точіння

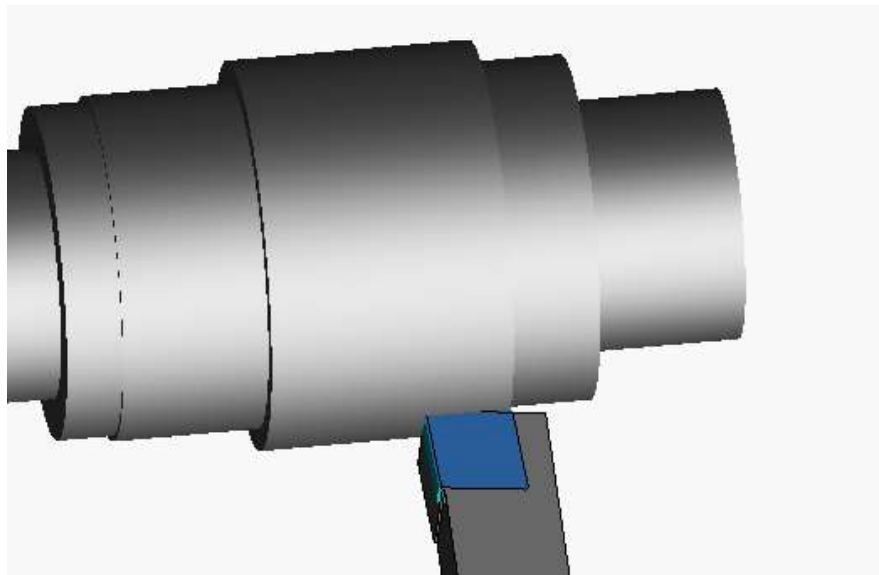


Рисунок 1.9 – Операція чистового точіння

```

38 Part View (DMC_7026)
40 N190 X-.0074 Y-.3.2365 I.5418 J1.0612
41 N195 X-.1867 Y-.3.0518 I.7348 J.8929
42 N200 G01 X-.1868 Y-.3.6515
43 N205 G03 X-.3081 Y-.3.0141 Z-.4882 I-.0872 J-.0675
44 N210 X-.3380 Y-.3.1011 Z-.4789 I.0175 J-.0541 F850.
45 N215 X-.3051 Y-.3.1439 Z-.4742 I1.0609 J.7615
46 N220 X-.1029 Y-.3.3522 Z-.4487 I1.0308 J.7988
47 N225 X.14 Y-.3.5114 Z-.4233 I.854 J1.0378
48 N230 X.3541 Y-.3.6188 Z-.4024 I5.5867 J11.0797
49 N235 G01 X.3626 Y-.3.6209 Z-.4016
50 N240 X.5025 Y-.3.689
51 N245 X1.0878 Y-.3.9739 Z-.4585
52 N250 G03 X1.2718 Y-.3.8966 Z-.4783 I.0581 J.1194
53 N255 X1.1839 Y-.3.6889 Z-.5 I-.1635 J.0547 F94.8068
54 N260 G01 X1.0154 Y-.3.6047
55 N265 X.6689 Y-.3.4358 F189.6136
56 N270 G03 X.4721 Y-.3.3405 I-15.65 J-32.0872 F188.6229
57 N275 G02 X.2759 Y-.3.244 I4.8881 J10.1798 F189.6136
58 N280 X.0881 Y-.3.1208 I.4724 J.9253
59 N285 X-.0683 Y-.2.9597 I.6411 J.7789
60 N290 X-.1852 Y-.2.7681 I.798 J.8182
61 N295 G01 X-.1889 Y-.2.7844
62 N300 G03 X-.2413 Y-.2.747 Z-.4044 I-.0352 J-.0182
63 N305 G01 X-.2719 Y-.2.7844 Z-.4913
64 N310 X-.2688 Y-.1.7387 Z-.4018 F850.
65 N315 X-.2866 Y-.1.0064
66 N320 X-.2834 Y.0315 Z-.4924
67 N325 X-.253 Y.0209 Z-.4937 F189.6136
68 N330 G03 X-.1866 Y.011 Z-.5 I.0397 J.0387 F94.8068
69 N335 G02 X-.0727 Y.0687 I.9253 J-1.8849
70 N340 X-.0181 Y.0931 I.7993 J-1.7167
71 N345 X.2038 Y.1721 I.7448 J-1.7411 F189.6136
72 N350 X.2586 Y.1069 I.5433 J-1.8913
73 N355 G03 X.3645 Y.2888 Z-.48 I-.037 J.1445
74 N360 X.3061 Y.3521 Z-.4685 I-.048 J.0143 F650.
75 N365 X.1821 Y.3161 Z-.4471 I.4418 J-2.0745
76 N370 X-.136 Y.2047 Z-.4056 I.5841 J-1.9632
77 N375 X-.184 Y.1914 Z-.4016 I.8792 J-1.8882
  
```

Рисунок 2.10 – Генерація NC програми.

Відповідно обрано траєкторію переміщення інструменту під час чорнової обробки та автоматично згенеровано траєкторію для чистової обробки поверхонь. При цьому використовується прохідний інструмент, деталь закріплена в трьохкулачковому пвтроні. Програма дозволяє змінювати траєкторію переміщення ріжучого інструмента і обирати оптимальну схему, для того щоб мінімізувати часмеханічної обробки, зокрема допоміжних ходів.

Постпроцесування є кінцевим кроком в генерації NC програми. Таким чином було оптимізовано переміщення ріжучого інструмента під час допоміжних ходів, що дозволило зменшити час на механічну обробку.

Таким чином зроблено оптимізацію конструкції деталі, оптимізовано переміщення інструмента під час допоміжних ходів, що дозволило зменшити час на механічну обробку.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

„Вал А.54” входить до складу збірної конструкції блоку ділильного, який зображений на рис. 2.1 Вал представлений позицією 2. Деталь призначена для передачі крутного моменту. На одному її кінці з допомогою шпонки кріпиться зірочка, а на іншому мальтійський хрест. Вал розташований в корпусі 1 на підшипниках 23, які фіксуються кришками 4 з торців. На вал 3 встановлюється водило 10, яке закріплюється за допомогою шпонки 25, болта 15 і штифта 22, водило 10 з'єднана з «мальтійським хрестом» 9, за допомогою пальця 8 і гайки 18, водило слугує для передачі крутного моменту на «мальтійський хрест» 9. Потім на вал 2 встановлюється «мальтійських хрест» 9, який закріплений на валу 2 за допомогою шпонки 26, болта 15 і штифта 22, «мальтійських хрест» 9 призначений для передачі крутного моменту на зірочку 5, яка встановлена на валу 2 і закріплено за допомогою шпонки 24, болта 15 і штифта 22, зірочка 5 призначена для передачі крутного моменту на інші виконавчі ланки конвеєра, за допомогою ланцюга. Поверхні під підшипники $\varnothing 25$ є досить точними – 7 квалітет, шорсткістю Ra 0,8, тому вони підлягають шліфовці.

Задана деталь „Вал” (рис. 2.2) виготовляється з вуглецевої сталі 45 ГОСТ 1050-88, до складу якої входять: кремній 0,17-0,37%, марганець 0,5-0,8%, мідь 0,25%, нікель 0,25%, сірка 0,04 %, вуглець 0,42-0,50%, фосфор 0,03%, хром 0,25%, миш'як 0,08%. Матеріал добре обробляється різанням. Матеріал відносно невеликої собівартості і має такі властивості (таблиця 2.1).

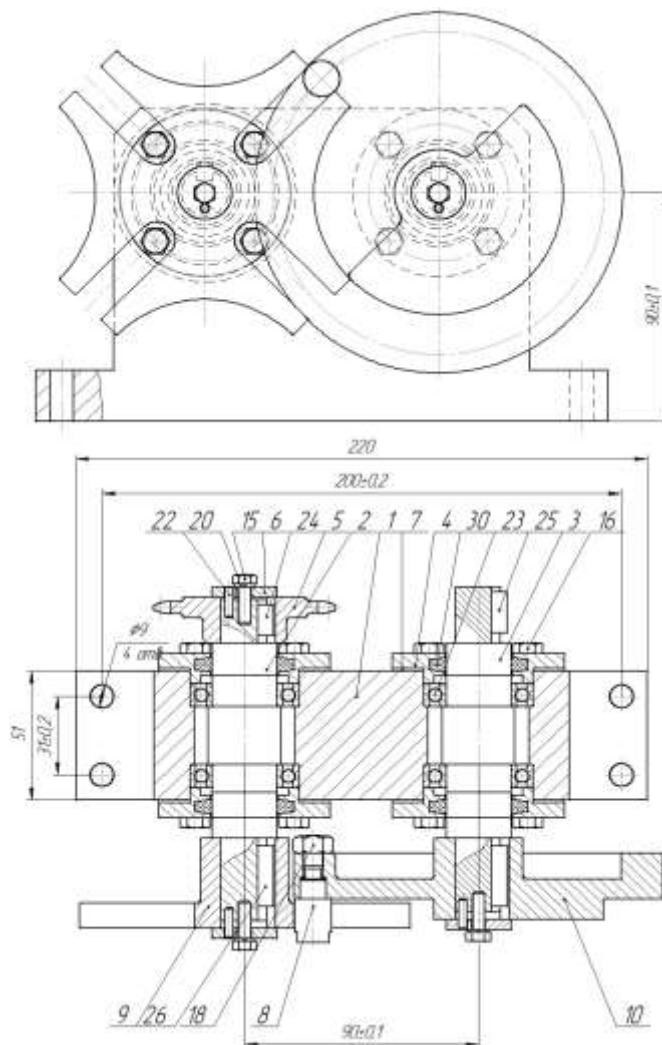


Рисунок 2.1 – Блок ділительний

Таблиця 2.1 – Механічні властивості

Твердість	σ_B , МПа	σ_T , МПа	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, кгсН/см ²
НВ 180...220	610...800	360...560	16...13	0,2-1

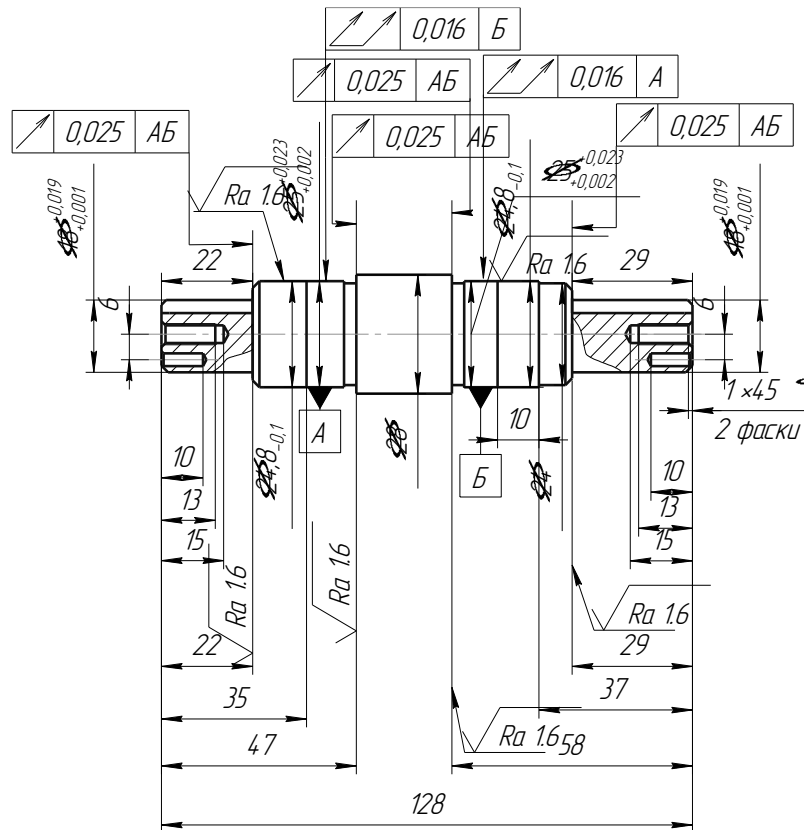


Рисунок 2.2 – Вал А54

Аналіз робочого креслення деталі показав, що виконавчими поверхнями є поверхні $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ та шпонкові пази $6^{-0,012}_{-0,042}$, основними конструкторськими базами є поверхні під підшипники $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,001}$, торці $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$, $\varnothing 28$, допоміжними конструкторськими базами є поверхні $\varnothing 24,8$, торці $\varnothing 24,8$ та $\varnothing 24$, а також кріпильні отвори $\varnothing 3$, М5. Вільні поверхні $\varnothing 24$, $\varnothing 28$.

У відповідності до призначення поверхонь, до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі та основні конструкторські бази. До них ставляться такі вимоги обробки: $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,001}$ – по 7 квалітету з шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм, торці $\varnothing 28$ з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм, поверхні $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ – по 9 квалітету, шпонкові пази $6^{-0,012}_{-0,042}$ – по 9 квалітету з шорсткістю $R_a = 3,2$ мкм.

Інші поверхні, що слугують допоміжними конструкторськими базами повинні мати такі характеристики: торцеві поверхні $\varnothing 24,8$ та $\varnothing 24$ повинні бути оброблена згідно 14 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Циліндрична поверхня

$\varnothing 24,8_{-0,1}$ повинна бути оброблена по 10 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм. Кріпильні отвори М5-7Н та $\varnothing 3_{+0,004}^{+0,010}$ повинні мати після механічної обробки відповідно 7 та 10 квалітети точності та шорсткість поверхні $R_a = 1,6$ мкм.

Вільні поверхні $\varnothing 28$ та $\varnothing 24$ в результаті механічної обробки повинні мати точність по 14 квалітету та шорсткість $R_a = 6,3$ мкм.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- радіальне биття торцевої поверхні $\varnothing 24$ до баз А і Б;
- радіальне биття торцевої поверхні $\varnothing 28$ до баз А і Б;
- радіальне биття торцевої поверхні $\varnothing 24,8_{-0,1}$ до баз А і Б;
- радіальне биття поверхонь $\varnothing 25_{+0,001}^{+0,023}$ відносно баз А і Б;
- паралельність поверхонь шпонкових пазів $6_{-0,042}^{-0,012}$ відносно баз А і Б;
- симетричність поверхонь шпонкових пазів $6_{-0,042}^{-0,012}$ відносно баз А і Б.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Взаємне розміщення поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

Деталь не має важкодоступних місць для обробки, тому спрощувати її конструкцію недоцільно.

Конструктивні елементи (різьба, фаска) мають уніфіковані розміри, що дає можливість використання універсального різального інструменту.

Усі розміри, крім міжосьових відстаней, можна виміряти стандартним вимірювальним інструментом.

Аналізуючи креслення деталі, робимо висновок, що деталь має достатньо поверхонь для базування на різних операціях механічної обробки, тобто немає потреби вводити штучні технологічні бази. Всі інші поверхні є вільними. Нетехнологічними елементами є глухі отвори М5 і $\varnothing 3$.

Таблиця 2.2 – Розміри та шорсткість деталі

Розміри										Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Радіуси		Діаметральні		Різи		Заг.	Уніф.
Заг.	Уні-фік.	Заг.	Уні-фік.	Заг.	Уніф.	Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніф.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	+	45 ⁰	+	R0.5	+	18	+	M5	+		
13	+	45 ⁰	+	R1	+	18	+	M5	+		
15	+	45 ⁰	+	R1	+	24,8	-				
22	+	45 ⁰	+	R0.5	+	24,8	-				
35	+	45 ⁰	+	R0.2 5	+	25	+				
47		45 ⁰	+	R0.2 5	+	25	+				
58	+			R3	+	28	+				
37				R3	+	24	+				
29						3	+				
15	+					3	+				
13	+										
10	+										
6	+										
6	+										
6	+										
6	+										
3,5											
3,5											
3	+										
3	+										
21	15	6	6	8	8	10	8	2	2	14	14
Q _{yc} =53											
Q _e =61											

Технологічність деталі оцінюється трьома кількісними показниками [6].

Визначення коефіцієнта уніфікації:

$$K_y = Q_{yc} / Q_e, \quad (2.1)$$

де Q_{yc} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = 53/61 = 0,86 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

Визначення коефіцієнта точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}; \quad T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.2)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i .

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта точності

Квалітет	Розміри	Кількість пов.	Розрахунок
7	M5*2; Ø25*2	4	7×4=28
9	Ø18*2; 6*2	4	9×4=36
10	Ø24,8*2	2	10×2=20
13	3,5*2	2	13×2=26
14	всі інші	20	14×20=280
Всього		32	390

$$T_{cp} = \frac{390}{32} = 12,1;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,1} = 0,91 > 0,8.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Визначення коефіцієнта шорсткості:

$$K_{ш} = 1/Ш_{cp}; \quad Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.3)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю $Ш_i$.

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	Ø25 (2)	$2 \times 0,8 = 1,6$
1,6	22,47,29,58, Ø3 (2), Ø24,8 (2)	$1,6 \times 8 = 12,8$
3,2	22 (2), 29 (2)	$3,2 \times 4 = 12,8$
6,3	інші 18	$6,3 \times 18 = 113,4$
Всього:	32	140,6

$$Ш_{cp} = \frac{140,6}{32} = 4,39 \text{ (мкм)}$$

$$K_{ш} = 1/4,39 = 0,22 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Висновок: За кількісними показниками деталь є технологічною.

2.2 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.4)$$

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

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

Визначаємо тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій.

Визначення 9 типових переходів:

- точіння чорнове Ø24,8(2 поверхонь);

- точіння чорнове Ø28;
- точіння чистове Ø24,8(2 поверхонь);
- точіння чорнове Ø25(2 поверхонь);
- точіння чистове Ø25(2 поверхонь);
- фрезерування остаточне (2 поверхонь);
- свердління отворів Ø5 (2 отвори);
- свердління отворів Ø3(2 отвори);
- шліфування остаточне Ø25 (2 поверхі).

Розраховуємо кількість верстатів за формулою:

$$C_p = \frac{N_{np} \cdot T_{шт-к.}}{60 \cdot \Phi_\delta \cdot \eta_{з.н.}}; \quad (2.5)$$

де N_{np} – приведена програма випуску;

$\Phi_\delta = 4060$ год. – дійсний річний фонд часу;

$\eta_{з.н.} = 0,85$ – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів (для дрібносерійного виробництва).

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,196}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,023; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,234}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,028; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,115}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,013; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,162}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,019; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,096}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,011; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,323}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,038; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,134}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,016; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,021}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,002; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,138}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,016; \quad C_{np} = 1.$$

Фактичний коефіцієнт завантаження визначається за наступною формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{C_{ф}}{C_{np}} \quad (2.6)$$

Так, як $C_{np}=1$, то значення фактичних коефіцієнтів завантаження дорівнюють розрахованим значенням кількості верстатів.

Визначення кількості операцій, що виконуються на робочому місці протягом певного періоду:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} \quad (2.7)$$

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

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

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,023} = 36,7;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,038} = 22,3;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,028} = 30,3;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,016} = 52,42;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,013} = 65,3;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,002} = 425;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,019} = 44,5;$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,016} = 52,42.$$

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,85}{0,011} = 77,2.$$

Відкидаємо нехарактерні переходи механічної обробки і визначення коефіцієнта закріплення операцій:

$$\eta_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.8)$$

де $\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконується на робочому місці;
 $\sum P$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

$$\eta_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{36,7 + 30,3 + 44,5 + 22,3 + 52,42 + 52,42}{6} = \frac{238,64}{6} = 39,7,$$

що відповідає дрібносерійному виробництву, оскільки, коефіцієнт закріплення знаходиться в межах від 20 до 40.

Результати розрахунків оформленні у вигляді зведеної таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунків $K_{з.о}$

Перехід мех.обробки елементарної поверхні деталі	$t_0 \cdot 10^{-3}$, хв.		φ_k	$T_{шт-к}$ хв	C_p	$C_{рп=} = P$	$\eta_{з.ф}$	O	$K_{з.о}$
	Формула	Результат							
Точіння чорнове Ø24,8	$0,17 \cdot d \cdot l$	92	2,14	0,196	0,023	1	0,023	36,7	
Точ.чорн.Ø28	$0,1 \cdot d \cdot l$	109	2,14	0,234	0,028	1	0,028	30,3	
Точіння чорнове Ø25	$0,17 \cdot d \cdot l$	76	2,14	0,162	0,019	1	0,019	44,5	
Фрезерування остаточне	$4 \cdot l$	176	1,84	0,323	0,038	1	0,038	22,3	
Свердління отворів Ø5	$0,52 \cdot d \cdot l$	78	1,72	0,134	0,016	1	0,016	52,42	
Шліфування остаточне Ø25	$0,15 \cdot d \cdot l$	66	2,10	0,138	0,016	1	0,016	52,42	39,7

Середньодобовий випуск виробів визначається за формулою:

$$N_c = \frac{N}{254}, \quad (2.9)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{25000}{254} = 98,4 \text{ вироби за добу.}$$

Добова продуктивність визначається за формулою:

$$Q_c = \frac{\Phi_c}{T_{\text{ум-к ср}}} \eta_z, \quad (2.10)$$

де Φ_c – добовий фонд часу роботи обладнання(при двозмінному режимі роботи дорівнює 952хв.);

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання (0,6);

$T_{\text{ум-к ср}}$ – середня трудомісткість операцій механічної обробки,

Так як заданий добовий випуск виробів N_c менший за добову продуктивність потокової лінії Q_c ($N_c < Q_c$) при умові завантаження її на 60%, то застосування однономенклатурної початкової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

Кількість деталей у партії визначається за формулою:

$$n = \frac{25000 \cdot 18}{254} = 1771,6 \approx 1772 \text{ (дет.)}$$

Розрахункова кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях:

$$C_{zm} = \frac{0,197 \cdot 1772}{476 \cdot 0,8} = 0,916$$

Розрахункова кількість змін округлюється до прийнятого цілого більшого числа: $C_{зм.пр.} = 1$ зміна.

Кількість деталей в партії, необхідних для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін, скоректовується:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{0,197} = 1932,9 \approx 1933.$$

Отже, тип виробництва – дрібносерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 1933 шт.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо, що дану деталь можна виготовити методом пластичного деформування або із стандартного прокату, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45.

Можливі способи виготовлення поковки, [8]:

Можливість способу виготовлення заготовки за допомогою пластичного деформування:

- кування;
- гаряче штампування на молотах;
- гаряче штампування на механічних пресах: КГШП; гвинтових фрикційних пресах;
- круглий прокат.

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовок, і врахувавши серійність деталі, її форму, обираємо спосіб виготовлення поковки гарячим штампуванням на молотах. Штампування кованок виконують за допомогою

підкладних і стаціонарно закріплених до бойків молота штампів за 3-5 ударів. Для штампування кованок використовують такі молоти: пневматичні, паровітряні, фрикційні, гвинтові, гідравлічні, безшаботні, з рухомою нижньою бабою тощо. Маса падаючих частин штампувальних молотів звичайно в 500-1000 разів більша від маси кованки та визначається залежно від потрібної потужності.

Штампування на молотах дає змогу регулювати зусилля ударів та їх частоту, деформування кованки в кожному окремому рівчаку за один чи декілька ударів та забезпечує (порівняно із штампуванням на пресах) ліпші умови заповнення порожнини рівчаків штампів, що пояснюється великою швидкістю деформування.

Недоліками штампування на молотах є малий коефіцієнт корисної дії, низька продуктивність праці, складність механізації та автоматизації виготовлення кованок, швидше зношування штампів, недопустимість використання складання штампів, підвищені витрати металу, порівняно з іншими способами штампування, невисока точність форми та розмірів кованок. Порівняно проста конструкція молота.

Прокат дозволяє з найменшими затратами виготовляти вироби, які повністю відтворюють передбачений конструктором поперечний переріз деталі або максимально наближаються до нього. Прокат для виготовлення заготовок використовують зазвичай у одиничному та дрібносерійному виробництві, але інколи, коли форма деталі близька до форми прокатних матеріалів доцільно використовувати прокат і в середньосерійному виробництві.

Висновки: для даного типу виробництва найбільш доцільним та економічним будуть такі способи виготовлення заготовки, як штампування на молотах та виробництво з прокату, оскільки перепади діаметрів зовнішніх і внутрішніх незначні. Контур деталі за своєю конфігурацією наближається до профілю прокату.

Згідно ГОСТ 7505-89 штампування на молотах при серійному типіві виробництва отримуються заготовки п'ятого класу точності (Т5).

Деталь виготовляється із сталі 45, що відповідно містить 0,45% вуглецю, тобто даний матеріал відноситься до другої групи (М2).

Для того, щоб визначити ступінь складності, що є одною із конструктивних характеристик форми поковок, необхідно попередньо обчислити масу заготовки.

Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка рахується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Цією фігурою є циліндр, розміри якого дорівнюють габаритним розмірам деталі помноженим на 1,5.

$$G_{\Pi} = G_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ (кг)}$$

де $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі.

$$C = \frac{G_{\text{н}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{0,6}{0,7} = 0,8.$$

Призначаємо ступінь складності С1, [8].

Оскільки заготовка є простої конфігурації, без вигинів, то поверхня роз'єму буде плоскою П.

Вихідний індекс – визначається в залежності від маси, марки сталі, ступеня складності та класу точності поковки, необхідний для наступного призначення основних припусків, допусків та допустимих відхилень.

– штампування на молотах – 11.

Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними шорсткостями то необхідно на ці поверхні призначити різні припуски [8].

Додаткові припуски призначаються для врахування знімання по площині роз'єму штампа і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності [8].

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані	Штампування на молотах				
Клас точності	Т5				
Марка матеріалу	М2				
Ступінь складності	С1				
Конфігурація пов. роз'єму штампа	П				
Індекс	11				
	Розрахункові розміри, мм				
	128	22	29	Ø28	Ø18 _{-0,001}
	Припуски:				
Основні	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
для врахування вигнутості і відхилення від площин., прямолінійн.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Розміри заготовок, мм				
	131,8	26,8	33,8	Ø32,4	Ø22,4
Допуски: Розмірів	2,2 ^{+1,4} _{-0,8}	1,6 ^{+1,1} _{-0,5}	1,6 ^{+1,1} _{-0,5}	1,6 ^{+1,1} _{-0,5}	1,6 ^{+1,1} _{-0,5}
зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,5				
по вигнутості від площин. і прямолін. радіусів заокруглень	1,0				
величина залишкового облою	0,6				
Висоти заусенецю	2,0				

Допуски розмірів вибираються в залежності від розміру і індексу.

Для конструювання штампу і призначення його допустимого зносу вибираються допуски зміщення, залишкового облою, заусенцю, відхилення від концентричності пробитого отвору, вгнутості, між осьової відстані, кутових елементів, радіусів закруглень. Ці допуски вибираються в залежності від класу

Штамування на молотах:

$$128 + (1,7+0,2) \cdot 2 = 131,8 \text{ (мм);}$$

$$22 + (1,7+0,2+0,5) \cdot 2 = 26,8 \text{ (мм);}$$

$$29 + (1,7+0,2+0,5) \cdot 2 = 33,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 28 + (1,5+0,5+0,2) \cdot 2 = 32,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 18 + (1,5+0,5+0,2) \cdot 2 = 22,4 \text{ (мм).}$$

Радіуси закруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень.

Для даної деталі радіуси заокруглень в межах: $R = 1 \dots 1.6 \text{ мм}$ [8].

Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і запобігання заклинювання пуансона при штампуванні: штамповка на молотах зовнішні – 6^0 .

Лінія роз'єму буде проходити по осі вала.

З урахуванням отриманих розмірів заготовок та обраних конструктивних параметрів показано ескізи заготовки (див. рисунки 2.3 та 2.4).

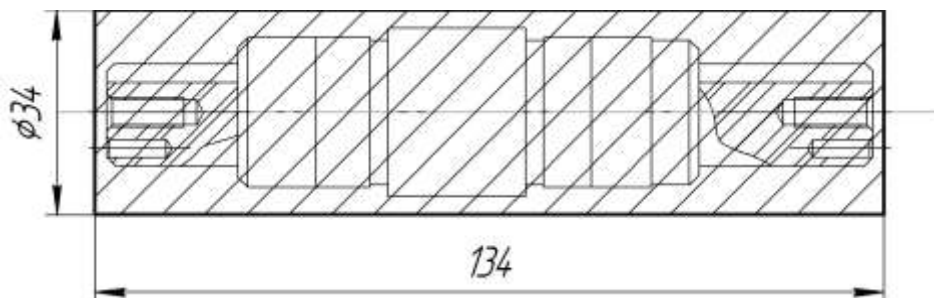


Рисунок 2.3 – Прокат

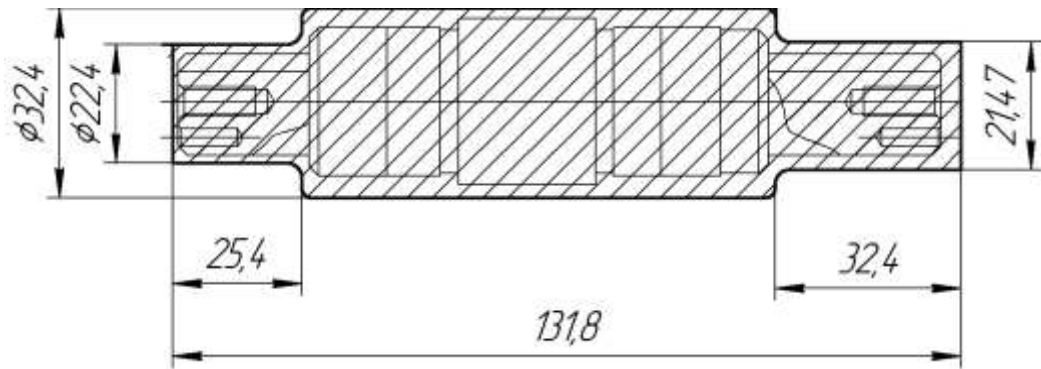


Рисунок 2.4 – Заготовка виготовлена штампуванням

Розрахунок заготовки виготовленої штампуванням на молотах.

Площа $S = 12033,766 \text{ мм}^2$, об'єм – $V = 0,0000069 \text{ м}^3$,

щільність $\rho = 0.007850 \text{ г/мм}^3$, маса $G = 736 \text{ г}$.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 400 / 736 = 0,54.$$

Дану заготовку можна виготовити із круглого прокату, так як контур деталі наближається за своєю конфігурацією до профілю циліндра.

Вибираємо припуск на механічну обробку валів [4]:

Для $\varnothing 28$, при однократному чорновому точінні, для довжини деталі 120-260, вибираємо припуск 1,7 мм Розраховуємо розмір:

$$28 + 1,7 \cdot 2 = 31,4 \text{ (мм)}.$$

Вибираємо стандартний діаметр прутка $d = 32 \text{ мм}$. Вибираємо припуск на обробку торців прокату [4] – 2 мм. Розраховуємо розмір довжини деталі:

$$128 + 2 \cdot 2 = 132 \text{ (мм)}.$$

Вибираємо припуск на відрізання заготовки [4]:

- спосіб відрізання – механічна ножівка,

припуск – 2 мм.

Розраховуємо розмір довжини деталі:

$$132+2=134 \text{ (мм)}.$$

Отже, вибираємо пруток Ø32, довжиною 3 м, з якого отримаємо 22 заготовки та 52 мм залишиться.

Собівартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.} = \left(\frac{G_{заг.}}{1000} \cdot C_{шт.} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left(\frac{G_{заг.} - G_{дет.}}{1000} \right) \cdot C_{відх.} \text{ [грн]} \quad (3.4)$$

де $C_{шт.}$ – базова вартість 1 т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{відх.}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{відх.} = 340$ грн.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_C = 1,15$, $K_B = 1,33$, $K_{II} = 1,0$.

– штамповка на молотах:

$$C_{заг.} = \left(\frac{0,736}{1000} \cdot 13200 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,33 \cdot 1 \right) - \left(\frac{0,736 - 0,4}{1000} \right) \cdot 3400 = 147,5 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки із прокату.

$$C_{заг.пр.} = \left(\frac{0,78}{1000} \cdot 10730 - \frac{0,78 - 0,4}{1000} \cdot 340 \right) + 0,304 = 8,8 \text{ (грн.)}$$

Отже, при виготовленні заготовок за допомогою прокату, собівартість

заготовки менша собівартості при штампуванні на молотах. Тому буде доцільно використовувати метод виготовлення заготовки з прокату.

2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності

Згідно креслення деталі та прийнятої заготовки необхідно обробити такі поверхні: дві циліндричних поверхні Ø18 мм, дві циліндричних поверхні Ø24,8 мм, дві циліндричних поверхні Ø25 мм, два паза 6 мм. Також необхідно виконати по два отвори Ø3 мм та нарізати різь М5, оскільки при виготовленні заготовки вони не виконані.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою, [9]:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i \quad (2/9)$$

Для забезпечення тих параметрів точності розмірів деталі, які вказані на кресленні, будемо обробляти ці поверхні наступним чином:

$$\varepsilon_1 = 5 \dots 6; \varepsilon_{2,3} = 3 \dots 4; \varepsilon_4 = 1, 2 \dots 2$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4$$

Складаємо таблицю обробки даних поверхонь.

Таблиця 2/7 – Таблиця обробки даних поверхонь

Розмір	ε	Розподіл ε	Допуски, мм	Квалітет	Вид обробки
\emptyset $18^{+0,019}_{+0,001}$	$\frac{1,1}{0,018} = 61,1$	$\varepsilon_1 = 5,2; \varepsilon_2 = 3,8;$ $\varepsilon_3 = 3,09$	$1,1/5,2 = 0,21$	13	Точити попер.
			$0,21/3,8 = 0,055$	10	Точити попер.
			$0,055/3,09 = 0,018$	9	Точити остат.
\emptyset $24,8_{-0,1}$	$\frac{1,3}{0,1} = 13$	$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 3$	$1,3/5 = 0,26$	13	Точити попер.
			$0,26/3 = 0,086$	10	Точити остат.
\emptyset $25^{+0,023}_{+0,002}$	$\frac{1,3}{0,021} = 61,9$	$\varepsilon_1 = 5,2; \varepsilon_2 = 3,8;$ $\varepsilon_3 = 3,13$	$1,3/5,2 = 0,25$	13	Точити попер.
			$0,25/3,8 = 0,065$	10	Точити остат.
			$0,065/3,13 = 0,021$	7	Шліфувати
$6^{+0,012}_{-0,042}$	$\frac{0,75}{0,03} = 25$	$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4,1$	$0,75/6 = 0,12$	12	Фрезерув. поп.
			$0,12/4,1 = 0,03$	9	Фрезер. остат.

2.5 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципів розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

Вихідними даними при виборі баз є:

– робоче креслення деталі;

- технічні умови на її виготовлення;
- вид заготовки та стан її поверхонь;
- бажаний ступінь автоматизації.

На першій операції обробляються чистові бази, тобто ті технологічні бази, які будуть використовуватись на наступних операціях. Тому важливо визначити насамперед чистові технологічні бази. За чорнову схему базування вибираємо базування в трьох-кулачковий патрон, щоб обробити торці деталі, які будуть служити чистовими технологічними базами на подальших операціях. При виборі чорнових технологічних баз розв'язується задача забезпечення розмірної прив'язки оброблених поверхонь деталі з необробленими. Чистова схема базування – в центрах.

На всіх наступних операціях будемо використовувати запропоновані чистові бази. При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в центрах, вона показана на рисунку 4.1.

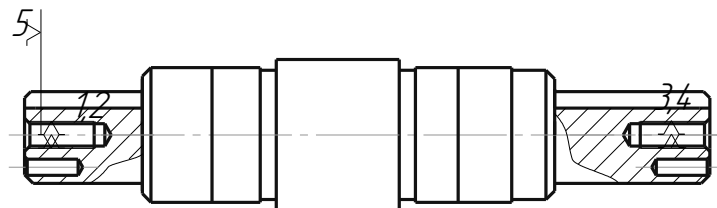


Рисунок 2.5 – Схема базування на чистові технологічні бази

Виконаємо аналіз похибок базування, що виникають на кожній операції.

На всі діаметральні розміри похибка базування відсутня.

$$\varepsilon_6 \text{ } \varnothing 25_{+0,002}^{+0,023} = 0; \quad \varepsilon_6 \text{ } \varnothing 24 = 0; \quad \varepsilon_6 \text{ } \varnothing 18_{+0,001}^{+0,019} = 0; \quad \varepsilon_6 \text{ } \varnothing 3 = 0;$$

$$\varepsilon_6 \text{ } \varnothing 24,8_{-0,1} = 0; \quad \varepsilon_6 \text{ } \varnothing 5 = 0; \quad \varepsilon_6 \text{ } \varnothing 28 = 0.$$

На всі лінійні розміри по довжині вала похибка базування відсутня так, як вони виконані з одного установа.

$$\varepsilon_6 22=0; \varepsilon_6 37=0; \varepsilon_6 35=0; \varepsilon_6 58=0; \varepsilon_6 47=0; \varepsilon_6 10=0; \varepsilon_6 29=0.$$

На вимоги радіального биття та повного радіального та торцевого биття похибок базування немає, оскільки співпадають конструкторська та технологічна бази.

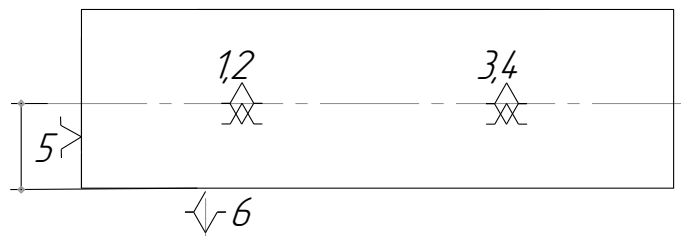


Рисунок 2.6 – Схема базування на чорнові технологічні бази

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

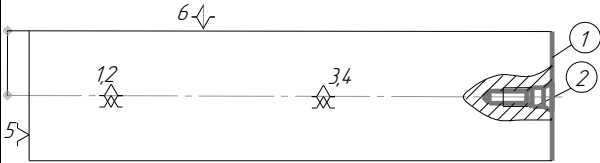
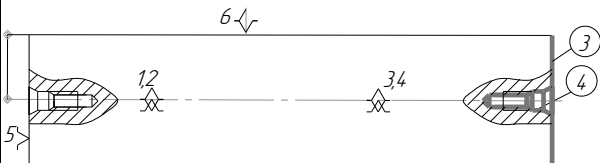
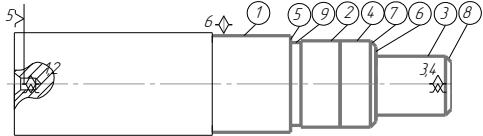
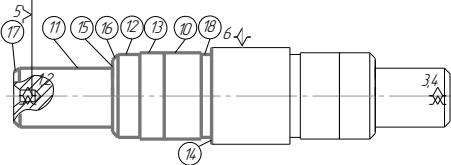
В якості чорнових технологічних баз доцільно використати схему базування в трьохкулачковий патрон. Це зняття рівномірного припуску з діаметральних поверхонь.

Отже, при виконанні механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на креслені вимогам.

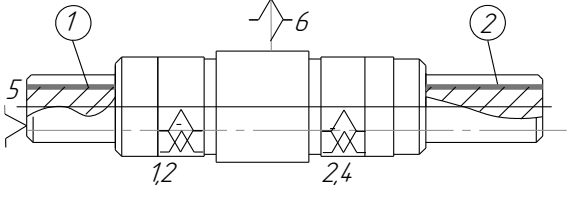
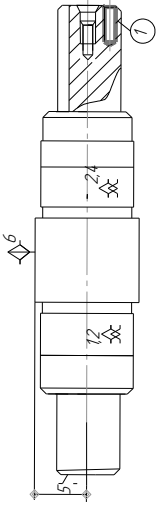
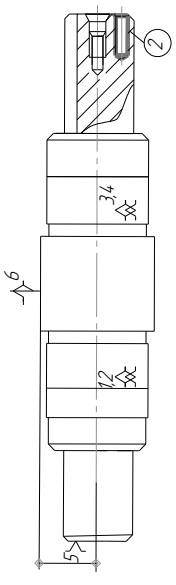
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, вибором типів верстатів та зображенням схем базування та обробки

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній.

Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки

№ оп.	Операція, установ	Схеми базування, обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p align="center">Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Підрізати торець 1. 3. Центрувати отвір 2. 4. Сверлити отвір 2. 5. Зенкувати фаску в отворі 2. 6. Нарізати різь в отворі 2. 7. Переустановити деталь. 8. Підрізати торець 3. 9. Центрувати отвір 4. 10. Сверлити отвір 4. 11. Зенкувати фаску в отворі 2. 12. Нарізати різь в отворі 4. 13. Зняти деталь. 	<p align="center"><i>Установ 1</i></p>  <p align="center"><i>Установ 2</i></p> 	Токарний верстат 16К20Ф3
010	<p align="center">Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити поверхні 1,4, 5,6 однократно і пов.2,3 попередньо. 3. Точити поверхню 2, 3 остаточно, фаски 7, 8. 4. Точити поверхні 12,13,14,15 однократно і пов.10, 11 попередньо. 5. Точити поверхню 10,11 остаточно, фаски 16, 17. 6. Точити канавку 18, 9. 7 Зняти деталь. 	<p align="center"><i>Установ 1</i></p>  <p align="center"><i>Установ 2</i></p> 	Токарний верстат 16К20Ф3

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
015	<p>Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Фрезерувати шпонковий паз 2. 4. Зняти деталь. 		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3</p>
020	<p>Свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвір 1. 3. Переустановити деталь. 4. Встановити і закріпити деталь. 5. Свердлити отвір 2. 6. Зняти деталь. 	<p><i>Установ 1</i></p>  <p><i>Установ 2</i></p> 	<p>Вертикально-сверлильний верстат 2Н118 з кондукторним пристроєм</p>
025	Виконати термообробку 36...42 HRC		

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
030	<p>Шліфувальна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхні 1 і 2 попередньо. 3. Шліфувати поверхні 3 і 4 однократно. 4. Шліфувати поверхні 1 і 2 остаточно. 5. Зняти деталь. 		<p>Шліфувальний верстат 3М150Ф2</p>

2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу – правильне та обґрунтоване визначення проміжних та остаточних розмірів і допусків на них. Особливо цього потребують проміжні розміри, що зв'язують протилежні поверхні. Визначення припусків на такі поверхні розрахунково-аналітичним або табличним методом дуже трудомістке. В той же час, робота на налагоджених верстатах потребує детальної проробки всіх проміжних розмірів, щоб на заключних переходах автоматично забезпечувались остаточні розміри. Правильне розв'язання цієї задачі забезпечує розмірний аналіз технологічного процесу, який складається з ряду етапів.

Технологічні розміри слід розташовувати так, щоб мінімізувати похибку базування і забезпечити можливість їх контролю універсальним інструментом. Технологічний розмір Z_1 розміщений таким чином, що він пов'язує між собою два торці деталі і, таким чином, мінімізує похибку базування та дозволяє досить зручно його контролювати (наприклад, штангенциркулем). В - технологічні розміри.

Технологічні розміри V_1, V_2, \dots проставляємо на розмірній схемі від вибраних баз в сторону механічної обробки. При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це мінімізує похибку базування. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 4.3.

Допуски розмірів заготовки визначаємо по ГОСТ 7505-89. Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [9]. Розміри, що отримуються на даній операції, мають 14 квалітет точності. Допуски на ці розміри зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Допуск, мм	1,00	0,43	1,00	0,43	0,62	0,62	0,25	0,74
Розмір	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	31
Допуск, мм	0,62	0,52	0,25	0,36	0,36	0,36	0,36	1,00

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [6]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці, які входять в один діапазон, то мінімальний припуск буде:

$$Z_{1 \min} = Z_{2 \min} = 0,6 \text{ (мм)}.$$

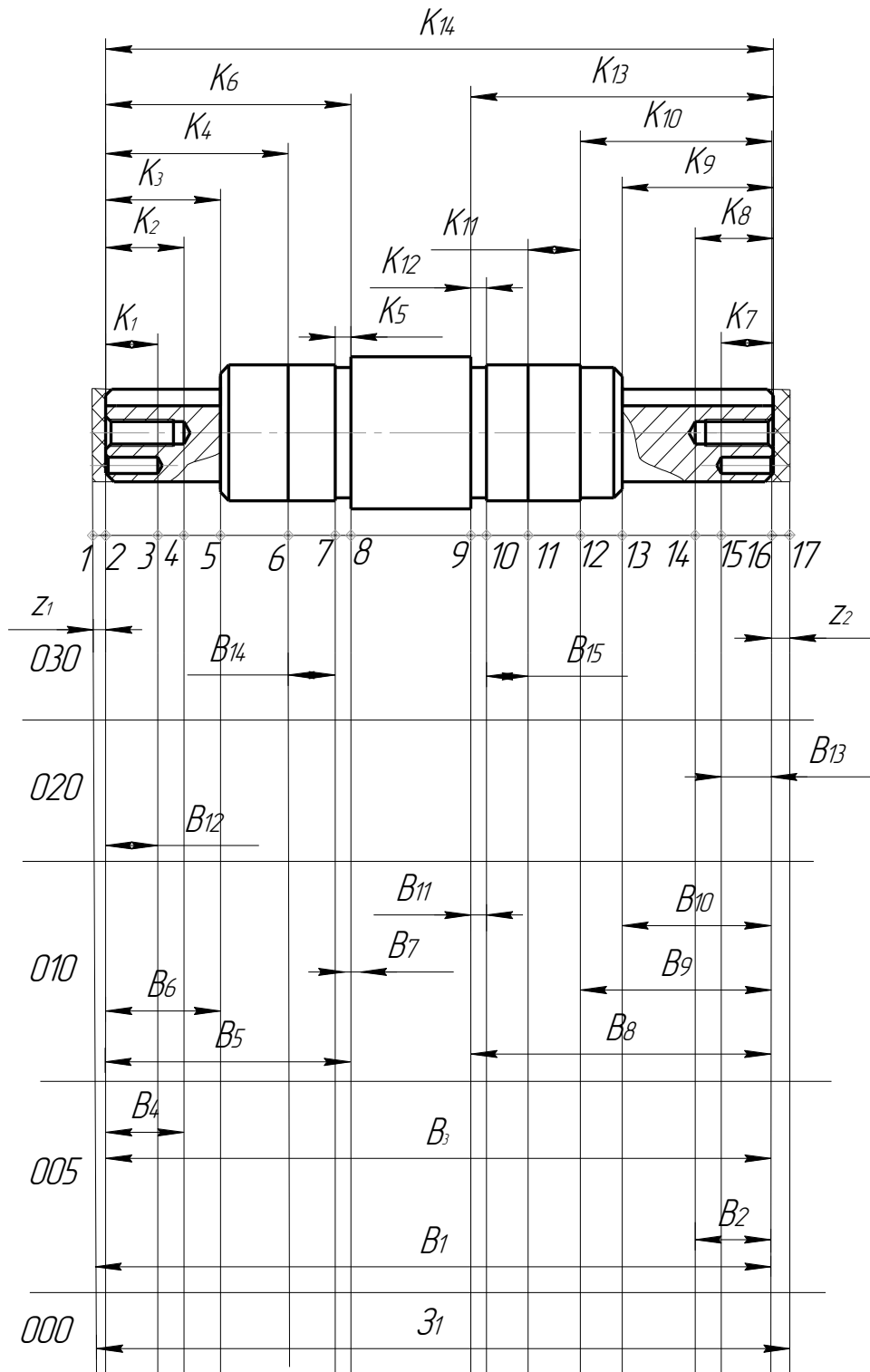


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

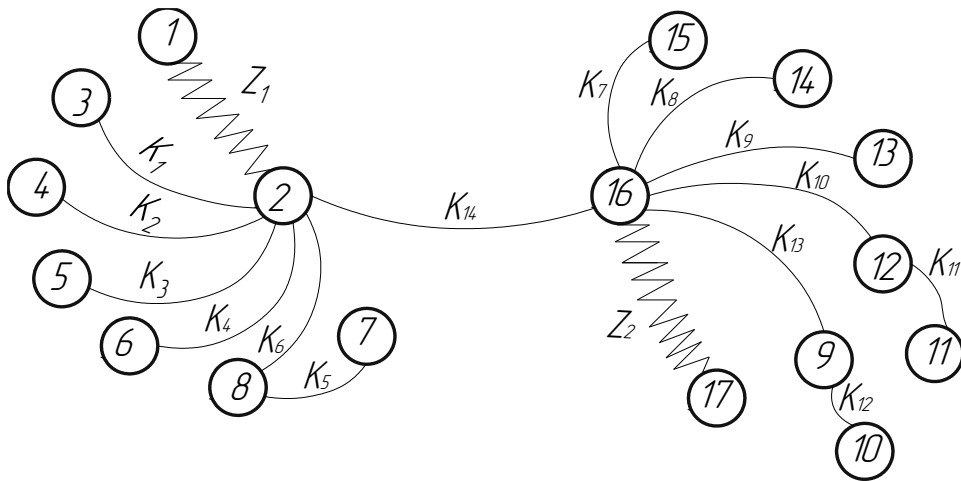


Рисунок 2.8 – Вихідний граф

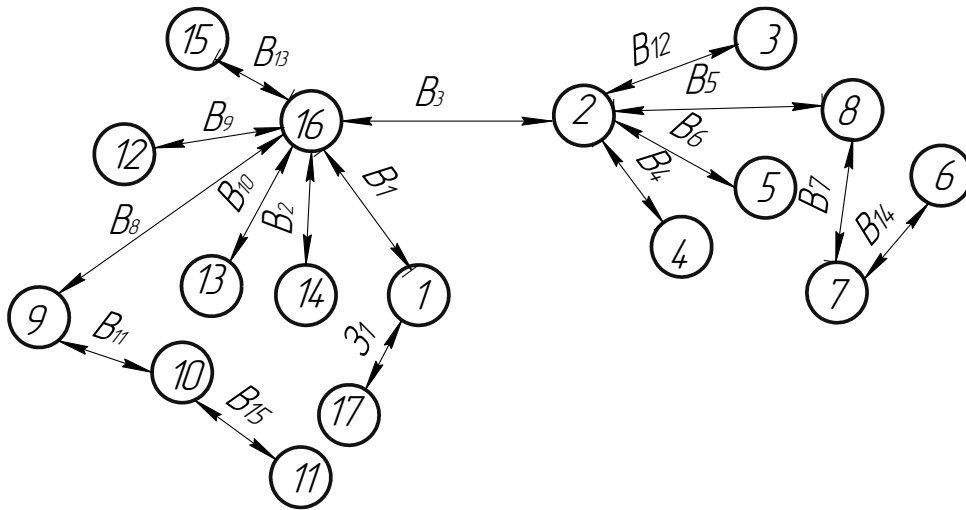


Рисунок 2.9 – Похідний граф

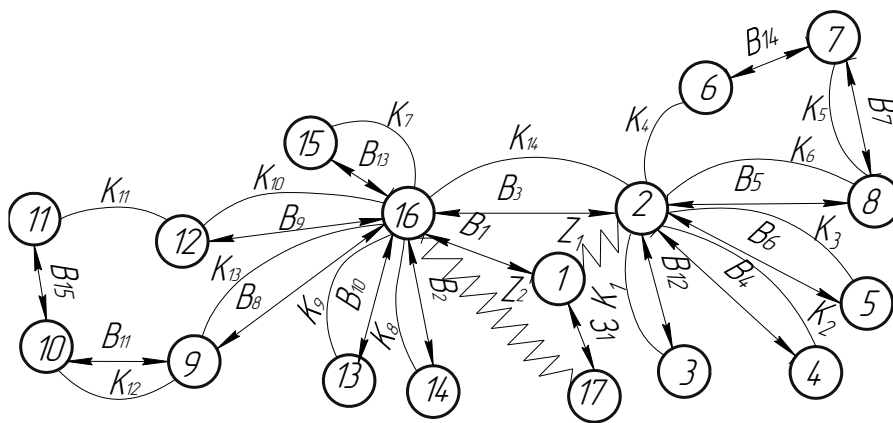


Рисунок 2.10 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.10 – Рівняння для розрахунку технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$K_1 - B_{12} = 0$	$K_1 = B_{12}$	B_{12}
$K_2 - B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	B_4
$K_3 - B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
$K_5 - B_7 = 0$	$K_5 = B_7$	B_7
$K_6 - B_5 = 0$	$K_6 = B_5$	B_5
$K_7 - B_{13} = 0$	$K_7 = B_{13}$	B_{13}
$K_8 - B_2 = 0$	$K_8 = B_2$	B_2
$K_9 - B_{10} = 0$	$K_9 = B_{10}$	B_{10}
$K_{10} - B_9 = 0$	$K_{10} = B_9$	B_9
$K_{12} - B_{11} = 0$	$K_{12} = B_{11}$	B_{11}
$K_{13} - B_8 = 0$	$K_{13} = B_8$	B_8
$K_{14} - B_3 = 0$	$K_{14} = B_3$	B_3
$K_{12} + B_{15} + K_{11} + K_{10} - K_{13} = 0$	$B_{15} = K_{13} - K_{12} - K_{11} - K_{10}$	B_{15}
$K_4 + B_{14} + K_5 - K_6 = 0$	$B_{14} = K_6 - K_4 - K_5$	B_{14}
$B_1 - B_3 - z_1 = 0$	$B_1 = z_1 + B_3$	B_1
$B_1 + z_2 - z_1 = 0$	$z_1 = z_2 + B_1$	z_1

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

Таблиця 2.11 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок
B_1	$B_1 - z_1 - B_3 = 0; B_1 = B_3 + z_1;$ $z_{1\min} = B_{1\min} - B_{3\max};$ $B_{1\min} = z_{1\min} + B_{3\max} = 0,6 + 128 = 128,6;$ $B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 128,6 + 1,00 = 129,6;$ $z_{1\max} = B_{1\max} - B_{3\min} = 129,9 - 127 = 2,9$
z_1	$\left\{ \begin{array}{l} B_1 + z_2 - z_1 = 0; z_1 = B_1 + z_2 \\ z_{2\min} = z_{1\min} - B_{1\max}; \\ z_{1\min} = z_{2\min} + B_{1\max} = 0,6 + 128,6 = 129,2; \\ z_{1\max} = z_{1\min} + IT(z_1) = 129,2 + 1,00 = 130,2; \\ z_{1\max} = z_{1\max} - B_{1\min} = 130,2 - 127,6 = 2,6 \end{array} \right.$

Максимальні та мінімальні значення розраховуємо відповідно до відхилень по 14 квалітету. Результати записано в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів та припусків

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
max	129,6	15	128	15	47	22	3	58	37	29
min	128,6	14,57	127	14,57	46,38	21,38	2,75	57,26	36,38	28,48
Розмір	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	z_1	z_1	z_2		
max	3	10	10	9	9	130,2	2,9	2,6		
min	2,75	9,64	9,64	8,64	8,64	129,2	0,6	0,6		

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. В цілому, технологічний процес механічної обробки є задовільним.

2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø25k7

Визначення значень R_Z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [3], враховуючи, що для заготовки дані параметри $R_Z=25,2$ мкм, $T=520$ мкм. При точінні приймаємо $R_Z=6$ мкм, $T=130$ мкм, а на наступному переході відповідно 5 і 52 мкм. Сумарне значення просторових відхилень згідно [3] визначається:

$$\rho_k = \Delta_k l, \quad \Delta_k = 1.3 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_k = 0.0013 \cdot 128 / 2 = 0.0832 \text{ (мм)},$$

$$\rho = \sqrt{83.2^2 + 0.25^2} = 83.2 \text{ (мкм)}$$

Для прокатних заготовок сумарне значення просторових відхилень виражається в вигляді похибки зацентровки деталі і кривизна в обробленому перерізі. В даному випадкові $\rho = 83,2$ мкм.

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 83,2 = 4,99 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 83,2 = 3,32 \text{ (мкм)}.$$

При установці деталі в центрах похибка установки відсутня $\varepsilon_y = 0$.

Розрахунковий припуск:

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень проміжних припусків

$$2Z_{1\min} = 2(25,5 + 520 + 83,2) = 2 \cdot 628,7 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\min} = 2(6 + 130 + 4,99) = 2 \cdot 140,99 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{3\min} = 2(5 + 52 + 3,32) = 2 \cdot 58,32 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на кресленні $d = 25^{+0,023}_{+0,002}$ мм.

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

$$\begin{aligned}d_1 &= 25 + 2 \cdot 0,05832 = 25,11664 \text{ (мм)}; \\d_2 &= 25,11664 + 2 \cdot 0,14099 = 25,3986 \text{ (мм)}; \\d_3 &= 25,3986 + 2 \cdot 0,6287 = 26,656 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

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

Для чистового точіння, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 21 мкм, для попереднього точіння для 9 і 11 квалітетів допуск відповідно рівний – 52 і 130 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 520 мкм.

Граничні розміри:

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

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

Тобто:

$$\begin{aligned}26,656 - 0,52 &= 26,136 \text{ (мм)}; \\25,3986 - 0,13 &= 25,2686 \text{ (мм)}; \\25,1164 - 0,052 &= 25,064 \text{ (мм)}; \\25 - 0,021 &= 24,979 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

Граничні значення припусків:

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:

$$2Z_{\min 3} = 25,11 - 25 = 0,11 \text{ мм} = 116 \text{ (мкм)};$$

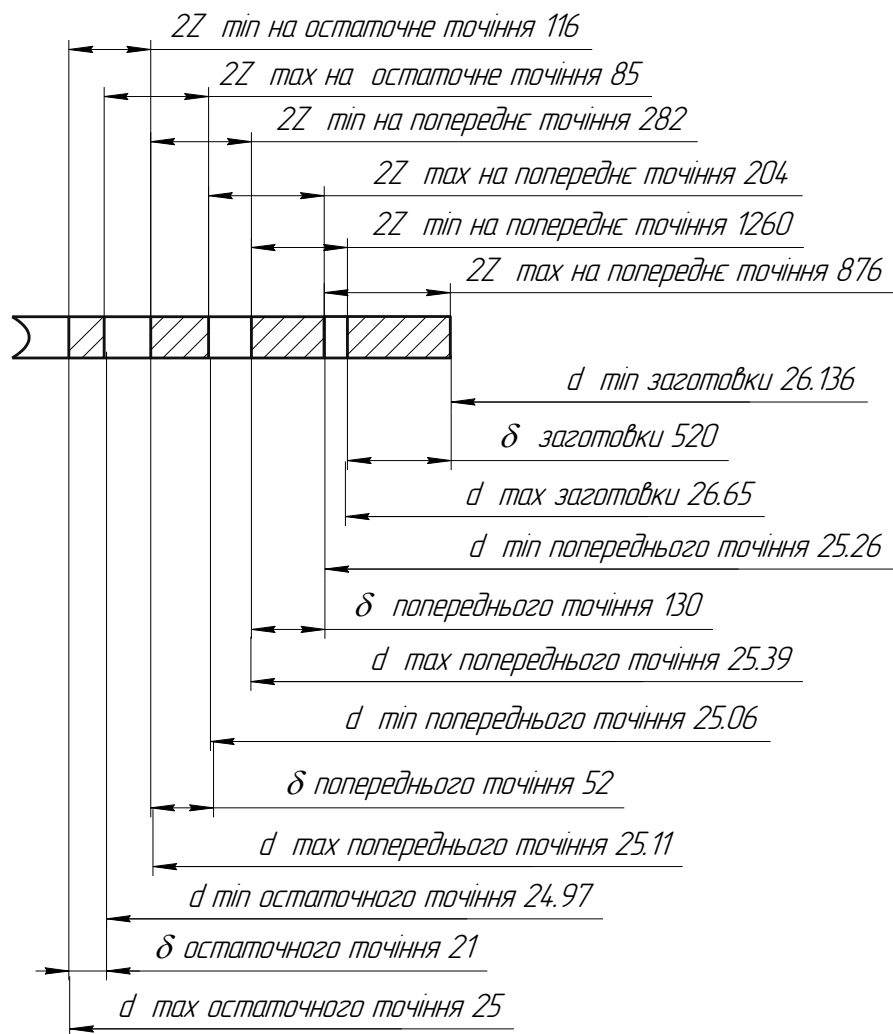


Рисунок 4.7– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні $\text{Ø} 25^{+0,023}_{+0,002}$

$$2Z_{\max 3} = 25,064 - 24,979 = 0,085 \text{ мм} = 85 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 2} = 25,398 - 25,116 = 0,282 \text{ мм} = 282 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 25,268 - 25,064 = 0,204 \text{ мм} = 204 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 1} = 26,65 - 25,39 = 1,26 \text{ мм} = 1260 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 26,13 - 25,26 = 0,87 \text{ мм} = 870 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.13

Таблиця 2.13 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p	Допуск, δ мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	520	83,2	–	26,656	520	26,13	26,65	–	–
Точіння попереднє	6	130	4,99	2·628,7	25,39	130	25,26	25,39	1260	870
Точіння попереднє	5	52	3,32	2·140,9	25,11	52	25,06	25,11	282	204
Точіння остаточне	5	21	–	2·58,3	25	21	24,97	25	116	85
Всього									1658	1159

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

$$2Z_{0\min}=116+282+1260=1658 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{0\max}=85+204+870=1159 \text{ (мкм).}$$

$$\begin{aligned} \text{Перевірка: } 1260-870=390, \quad 282-204=78, \quad 126-95=31, \\ 520-130=390; \quad 130-52=78; \quad 52-21=31. \end{aligned}$$

Отже, визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$.

Визначення проміжних припусків (за нормативами) і розрахунок технологічних розмірів і максимальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь.

Таблиця 2.149 – Проміжні припуски (за нормативами), розрахункові технологічні розміри та максимальні припуски на обробку решти циліндричних поверхонь

Діаметр поверхні	Тип технологічного переходу	Проміжні припуски(за нормативами)	Розрахунковий технологічний розмір	Максимальний припуск на обробку
1	2	3	4	5
$\text{Ø}18_{+0,001}^{+0,019}$	Точіння попереднє	1,5	19,5	2,42
	Точіння остаточне	0,7	18,7	0,7
$\text{Ø}24_{-0,1}^{8,0}$	Точіння однократне	1,5	26,3	1,72
$\text{Ø}24$	Точіння однократне	1,7	25,7	1,8
$\text{Ø}28$	Точіння однократне	1,7	29,7	1,86

Розрахункові розміри:

$$d_{p18} = 18,7 + 1,5 = 20,2 \text{ (мм)},$$

$$d_{p18} = 18 + 0,7 = 18,7 \text{ (мм)},$$

$$d_{p24,8} = 24,8 + 1,5 = 26,3 \text{ (мм)},$$

$$d_{p24} = 24 + 1,7 = 25,7 \text{ (мм)},$$

$$d_{p28} = 28 + 1,7 = 29,7 \text{ (мм)}.$$

Найбільші граничні розміри:

$$20,2 + 0,220 = 20,42 \text{ (мм)},$$

$$18,7 + 0,087 = 18,7 \text{ (мм)},$$

$$26,3 + 0,220 = 26,52 \text{ (мм)},$$

$$25,7+0,100=25,8 \text{ (мм)},$$

$$29,7+0,160=29,86 \text{ (мм)}.$$

Тоді максимальний припуск на обробку визначається:

$$20,42-18=2,42 \text{ (мм)},$$

$$18,7-18=0,7 \text{ (мм)},$$

$$26,52-24,8=1,72 \text{ (мм)},$$

$$25,8-24=1,8 \text{ (мм)},$$

$$29,86-28=1,86 \text{ (мм)}.$$

2.9 Визначення (за нормативами) режимів різання аналітичним способом

Визначення режимів різання на обробку зовнішньої циліндричної поверхні

$$\text{Ø } 25_{+0,002}^{+0,023}.$$

Припуск на обробку цієї поверхні складає 1,3 мм, отже глибина різання становить, [8]:

- точіння попереднє: $t = 1 \text{ мм}$;
- точіння попереднє: $t = 0,2 \text{ мм}$;
- точіння остаточне: $t = 0,1 \text{ мм}$.

Подачу визначаємо за нормативами.

Для попереднього точіння, відповідно з діаметром деталі – $\text{Ø } 25_{+0,002}^{+0,023}$, розміром державки різця – $16 \times 25 \text{ мм}$, глибиною різання, вибираємо з діапазону подач $s = 0,2 \text{ мм/об}$, [8].

Для остаточного точіння, згідно з параметром шорсткості поверхні $-0,8 \text{ мкм}$ і радіусом при вершині різця – $r = 1,0 \text{ мм}$, приймаємо подачу $s = 0,13 \text{ мм/об}$.

Призначаємо період стійкості різців. Приймаємо $T = 60 \text{ хв}$.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$v = v_{\text{мабл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, [\text{м/хв}], \quad (2.10)$$

де K_1 – коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу $K_1 = 0,75$;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від стійкості і марки твердого сплаву $K_2 = 1,15$

K_3 – коефіцієнт, який залежить від виду обробки $K_3 = 1$.

- для попереднього точіння $v_{табл} = 140 м / хв.$

$$v = 140 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 120,75 \text{ (м/хв)}$$

- для попереднього точіння $v_{табл} = 140 \text{ м/хв}$

$$v = 140 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 120,75 \text{ (м/хв)}$$

- для остаточного точіння $v_{табл} = 105 м / хв.$

$$v = 105 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 90,56 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n = 1000 \cdot 120,75 / 3,14 \cdot 25 = 1338,2 \text{ (об/хв)}$$

$$- n = 1000 \cdot 120,75 / 3,14 \cdot 25 = 1338,2 \text{ (об/хв)}$$

$$- n = 1000 \cdot 90,56 / 3,14 \cdot 25 = 898,44 \text{ (об/хв)}$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо $n_1 = 1400 \text{ об/хв.}$, $n_2 = 1400 \text{ об/хв.}$, $n_3 = 900 \text{ об/хв.}$

$$M = P D^{q_m} S^{y_m} K_p [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

$$M = 216^{0,15} \cdot 25^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 \cdot 0,85 = 6,5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Потужність різання:

$$N = 6,5 \cdot 1338,2 / 975 = 7,9 \text{ (кВт)}$$

Аналітичний розрахунок режимів різання для операції фрезерування шпоночного пазу.

Приймаємо шпоночну фрезу, що оснащена пластинами твердого сплаву ВК8 по ГОСТ 16463-80. Основні параметри фрези: $d = 6$ мм; $l = 10$ мм.

Визначаємо глибину різання t , мм:

$$t = d_{\text{заг}} - d_{\text{дет}} = 18 - 14.5 = 3,5 \text{ (мм)}.$$

Обробка виконується за два проходи:

$$t = 2h.$$

Визначаємо величину подачі на зуб, мм/зуб:

$$S = 0,20 \dots 0,29 \text{ мм/зуб}$$

Приймаємо $S = 0,20$ мм/зуб.

Величина подачі на оберт складе:

$$S_0 = S \cdot z = 0,20 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ мм/об}$$

Величина швидкості різання розраховується по емпіричній залежності:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{mv} \cdot t^{xv} \cdot S_z^{yv} \cdot B^u \cdot z^r} \cdot K_v \text{ [М/хв]} \quad (2.11)$$

де $C = 300$; $xv = 0,15$; $yv = 0,35$; $mv = 0,32$; $u = 0,2$; $p = 0$; $q = 0,2$ – емпіричні коефіцієнти [8];

$B = 6$ мм – ширина фрезерування; T – стійкість фрези, хв., $T = 50xv$; K – поправковий коефіцієнт:

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{i_v} \quad (2.12)$$

де K – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу:

$$K_{m_v} = \left(\frac{750}{HB} \right)^{n_v} \quad (2.13)$$

де $n_v = 1,25$. Тоді:

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8 \dots 0,85$ [10],
приймаємо $K_{nv} = 0,8$.

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу, $K_{iv} = 0,83$
[10].

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,664$$

Визначаємо V :

$$V = \frac{300 \cdot 6^{0,2}}{50^{0,32} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,20^{0,35} \cdot 146^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 0,664 = 2,63 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 2,63}{3,14 \cdot 6} = 139,5 \text{ об/хв}$$

Корегуємо частоту обертання за паспортними даними верстата $n_k = 200$
об/хв.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору $\emptyset 5$.

Розрахунок режимів різання для свердління отвору $\emptyset 5$ розпочинається із
визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться
і в даному випадку складає 2,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,05 до 0,08 мм/об, [8] при
заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,08 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.14)$$

де T – стійкість інструменту, 50 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [9] вони рівні $C_v=9.8$; $x_v=0$; $y_v=0.5$; $m=0.2$, $q_v=0.4$.

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

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.15)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 2,03;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,8 (ВК6);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 1.

Отже, загальний поправочний коефіцієнт:

$$K = 2,03 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,63$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \cdot 5^{0,4}}{50^{0,25} \cdot 5^{0,25} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,63 = 28,9 \text{ (м/хв)}$$

Крутний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \text{ [Н·м]}$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні $C_m=0,03$; $q_m=2$; $x_m=0$; $y_m=0,8$.

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

$$M = 0,03 \cdot 5^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,85 = 0,084 \text{ (Н·м)}.$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

Хисло обертів інструмента, що становить:

$$n=1000 \cdot 28,9/3,14 \cdot 5=1870,7 \text{ (об/хв).}$$

Потужність:

$$N=0,08 \cdot 1870,7/975=0,15 \text{ (кВт).}$$

В таблиці 2.15 наведені результати визначення (за нормативами) режимів різання на обробку поверхонь для розробленого маршруту механічної обробки даної деталі.

Таблиця 2.15 – Режими різання

Операції, переходи	Режими різання			
	s, мм/об	n, об/хв.	v, м/хв.	t, мм
005 Токарна (2 установка)				
2. Точити торець 1	1	135	49,7	3
3. Свердлити отвір 2.	0,08	1400	28,9	2,5
4. Зенкувати фаску в отворі 2	0,08	1400	38	2
5. Нарізати різь в отворі 2	0,1	240	60	2
010 Токарна				
2. Точити поверхні 1, 4, 5, 6 однократно і пов. 2, 3 попередньо	0,2	1400	98,9	1
3. Точити поверхню 2,3 остаточно, фаски 7,8.	0,13	900	70,6	0,2
5. Точити поверхні 2, 3, 4, 5 однократно і пов.10, 11 попередньо	0,2	1400	98,9	1
6. Точити поверхню 10,11 остаточно, фаски 16,17	0,13	900	70,6	0,2
7. Точити канавку 18, 9	0,5	900	60	3
015 Фрезерна				
Фрезерувати паз 1	0,2	139,5	3,7	3,5
Фрезерувати паз 2	0,2	139,5	3,7	3,5
020 Свердлильна (2 установка)				
2. Центрувати отвір 1	0,3	700	22	3,3
3. Свердлити отвір 2	0,40	520	23	3,3
030 Токарна				
Точити тонко 1, 2 попередньо	0,8	520	60	1
Точити тонко 3, 4 однократно	0,8	520	60	1
Точити тонко 1, 2 остаточно	0,08	520	88	0,5

2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Проведемо детальний розрахунок технічних норм часу на операцію 010. Розрахунок технічних норм часу для верстатів з ЧПК для проводимо за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{п-з}/n + T_0 + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из})к + T_{об.от}. \quad [хв] \quad (2.16)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв., за таблицями [3] для операції 015 дорівнює 5,0 хв.;

n – кількість деталей у партії, шт., $n = 1933$ шт.;

T_0 – основний час, хв.

$$T_o = \frac{L}{nS} i \quad [хв] \quad (2.17)$$

для операції 010 дорівнює:

$$T_o = \frac{23}{1400 \cdot 0,2} + \frac{9}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{22}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{10}{1400 \cdot 0,2} + \frac{23}{1400 \cdot 0,2} + \frac{1,5 \cdot 4}{900 \cdot 0,13} + \frac{23}{1400 \cdot 0,2} + \frac{8}{1400 \cdot 0,2} + \frac{10}{1400 \cdot 0,2} + \frac{9}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{3 \cdot 2}{900 \cdot 0,5} = 2,03 хв$$

T_v – допоміжний час, який включає:

$T_{у.с}$ – час на установку і зняття деталі, визначається за таблицями [3], при масі деталі 0,7 кг та закріпленні в патроні з зажимом дорівнює 0,15,

$T_{з.о}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, за таблицями [3], при масі деталі 0,7 та кріпленні в центрах (для операції 015) дорівнює 0,07хв,

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, за даними [3] для токарного верстата з ЧПК : включення-виключення верстата – 0,01 хв, підведення-відведення різця – 0,016 хв встановлення заданого взаємного розташування деталі та інструмента по координатам – 0,32 хв.; перевірка приходу інструменту в задану точку після обробки – 0,15 хв,

$T_{из}$ – час на вимірювання деталі, при вимірюванні калібр-пробками до точності 9 квалітету $T_{из} = 0,19$ хв, штангенциркулем - 0,16хв,

k – коефіцієнт, який використовується для нормування допоміжного часу, в середньо серійному виробництві дорівнює 1,85,

$T_{об.от}$ – загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок в серійному виробництві, $T_{об.от} = T_{оп} \cdot P_{об.от} / 100$, де $T_{оп}$ – оперативний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_g = 1,23 + 1,62 = 2,85 \text{ хв}$$

$P_{об.от}$ – витрати часу на відпочинок у процентному відношенні до оперативного, визначається за [3].

Отже, штучно-калькуляційний час на операції 010 буде дорівнювати:

$$T_{шт-к} = 5/1933 + 1,23 + (0,15 + 0,07 + 0,01 + 0,16 + 0,32 + 0,15) \cdot 1,85 + 2,85 \cdot 6/100 = 2,99 \text{ (хв.)}$$

Для фрезерної операції 015:

$$T_o = \frac{L}{S_{хв}} [\text{хв}]$$

$S_{хв}$ – хвилина подача, тоді

$$T_o = \frac{22}{26,4} = 0,9 \text{ (хв.)}$$

Значення $T_{у.с} + T_{з.о}$, $T_{уп}$, $T_{из}$, $T_{оп}$, $T_{об.от}$, $T_{п-з}$ вибираємо за таблицями по нормативах і заносимо до таблиці 2.18. Значення штучно-калькуляційного часу з урахуванням обробки обох пазів розраховуємо за формулою:

$$T_{шт-к} = (10,5/1933 + 0,5 + (0,163 + 0,6 + 0,15) \cdot 1,85 + 1,41 + 0,0,49) \cdot 2 = 3,4 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій норми часу приведені в таблиці 2.16.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Розрахунок приведеної програми

При значній номенклатурі випуску деталей, виробів об'єм проектних і технологічних розробок стає надто великим, тому проектування ділень і цехів в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва виконують по приведеній програмі. Для скорочення такого об'єму реальну багатомономенклатурну програму заміняють приведеною, яка виражається обмеженою кількістю представників, еквівалентною по трудомісткості багатомономенклатурній програмі.

З цією метою всі деталі розбивають на групи за конструкційними і технологічними ознаками.

В кожній групі вибирають деталь чи складальну одиницю-представник, для якої ведуть розрахунки коефіцієнтів приведення інших подібних деталей.

Програму випуску можна розрахувати за формулою:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i} = N_{p,np} \cdot K_{p,np} + N_1 \cdot K_{np.1} + N_2 \cdot K_{np.2} + N_3 \cdot K_{np.3} + N_4 \cdot K_{np.4} \quad (3.1)$$

Всі деталі в групі приводяться до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма										
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Вал А54 (розрахунковий представник)	0,4	25000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			1	5	-	2	2	-	-	2	18	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			2	-	8	-	4	16	-	-	-	
Вал 1	0,35	25000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	4	1	1	-	-	2	-	16	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	1	3	-	4	16	-	-	-	
Вал 2	0,3	30000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			1	5	1	-	2	1	-	-	14	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			2	-	4	-	3	15	-	-	-	
Вал 3	0,2	5000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	2	2	4	-	-	-	16	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	2	2	4	16	-	-	-	

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.пр}}\right)^2}, \quad (3.3)$$

де t – маса деталі розглядуваного виробу;

$t_{p.пр.}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{\phi}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,35}{0,4}\right)^2} = 0,914;$$

$$K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,3}{0,4}\right)^2} = 0,82;$$

$$K_{1CT} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{CT}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,2}{0,4}\right)^2} = 0,62;$$

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^{\alpha}, \quad (3.4)$$

де N_i – програма випуску i -тої деталі;

N_{np} – програма випуску представника;

α – коефіцієнт, який враховує точність, шорсткість, складність конструкції та інші конструктивні показники (для легкого середнього машинобудування складає 0,15).

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$K_{2B} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{25000}\right)^{0,15} = 1;$$

$$K_{2B} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{20000}\right)^{0,15} = 1,03;$$

$$K_{2B} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{5000}\right)^{0,15} = 1,2;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3.1}$ для кожної деталі:

для розрахункового представника:

$$K_{Tp,np} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 5 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 18}{1 + 5 + 2 + 2 + 2 + 18} = 11,9 \approx 12;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^{B1}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 16}{4 + 1 + 1 + 2 + 16} = 12,2 \approx 12;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B1}}}{\overline{K_{Tp,np}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{0,9} = 1;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^{B2}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 5 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 14}{1 + 5 + 1 + 2 + 1 + 14} = 11,5 \approx 12;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B2}}}{\overline{K_{Tp,np}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{0,9} = 1,0;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^{B3}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 4 + 14 \cdot 16}{2 + 2 + 2 + 4 + 16} = 13;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B3}}}{\overline{K_{Tp,np}}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{13}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,8}{0,9} = 0,88;$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3.2}$ для кожної деталі:

для розрахункового представника:

$$\overline{R_a^{pn}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{2 + 8 + 4 + 16} = 4,2;$$

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{1 + 3 + 4 + 16} = 4,9;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{4,2^{\alpha_2}}{4,9^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,104} = 1,02;$$

$$\overline{R_a^{B2}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 15}{2 + 4 + 3 + 15} = 4,5;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{4,2^{\alpha_2}}{4,5^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,12} = 1,01;$$

$$\overline{R_a^{B3}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{2 + 2 + 2 + 4 + 16} = 4,7;$$

$$K_{3.2}^{B3} = \left(\frac{4,2^{\alpha_2}}{4,7^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,112} = 1,01;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{3B} для кожної деталі:

$$K_{3B1} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1 \cdot 1,02 = 1,02;$$

$$K_{3B2} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,01 = 1,01;$$

$$K_{3B3} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 0,88 \cdot 1,01 = 0,888;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

$$K_{npB1} = 0,9 \cdot 0,1 \cdot 1,02 = 0,918;$$

$$K_{npB2} = 0,82 \cdot 1,03 \cdot 1,01 = 0,85;$$

$$K_{npB3} = 0,62 \cdot 1,2 \cdot 0,88 = 0,65;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 25000 \cdot 1 + 25000 \cdot 0,91 + 20000 \cdot 0,85 + 5000 \cdot 0,65 = 67000 \text{ шт.}$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Вал	25000	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	25000
Вал 1	25000	0,35	0,9	0,9	1,02	0,91	22750
Вал 2	20000	0,5	1,1	0,9	1,01	0,85	24000
Вал 3	5000	0,2	0,62	1,2	0,88	0,65	3250
Всього		-	-	-	-	-	67000

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується ділянка, на якій вироблятиметься декілька подібних деталей.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою [18]:

$$C = \frac{N_{np} \cdot T_{ум-к.}}{60 \cdot \Phi_{\delta}}; \quad (3.8)$$

Для операції 005:

$$C_1 = \frac{25000 \cdot 3,17}{60 \cdot 4060} = 0,32 \quad C_{np1} = 1; \quad C_{1PP} = \frac{67000 \cdot 3,17}{60 \cdot 4060} = 0,87 \quad C_{np1} = 1;$$

Для операції 010:

$$C_3 = \frac{25000 \cdot 3,03}{60 \cdot 4060} = 0,31; \quad C_{np3} = 1; \quad C_{3PP} = \frac{67000 \cdot 3,03}{60 \cdot 4060} = 0,83; \quad C_{np3} = 1;$$

Для операції 015:

$$C_4 = \frac{25000 \cdot 3,4}{60 \cdot 4060} = 0,39; \quad C_{np3} = 1; \quad C_{4PP} = \frac{67000 \cdot 3,4}{60 \cdot 4060} = 0,93; \quad C_{np3} = 1;$$

Для операції 020:

$$C_5 = \frac{25000 \cdot 3}{60 \cdot 4060} = 0,3; \quad C_{np3} = 1; \quad C_{5PP} = \frac{67000 \cdot 3}{60 \cdot 4060} = 0,82; \quad C_{np3} = 1;$$

Для операції 030:

$$C_7 = \frac{25000 \cdot 2,3}{60 \cdot 4060} = 0,28; \quad C_{np3} = 1; \quad C_{7np} = \frac{67000 \cdot 2,3}{60 \cdot 4060} = 0,64; \quad C_{np3} = 1;$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.9)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

C_{np} – кількість прийнятого обладнання.

$$\eta_{z1} = \frac{0,32}{1} \cdot 100\% = 32\%,$$

$$\eta_{z2} = \frac{0,31}{1} \cdot 100\% = 31\%,$$

$$\eta_{z3} = \frac{0,39}{1} \cdot 100\% = 39\%,$$

$$\eta_{z4} = \frac{0,3}{1} \cdot 100\% = 30\%,$$

$$\eta_{z5} = \frac{0,28}{1} \cdot 100\% = 28\%,$$

Об'єднаємо операції 005 і 010, які виконуються на одному верстаті.

Тоді:

$$C_1 = \frac{25000 \cdot 6,2}{60 \cdot 4060} = 0,64 \quad C_{np1} = 1;$$

$$\eta_{z1} = \frac{0,64}{1} \cdot 100\% = 64\% .$$

Графік завантаження верстатів матиме вигляд:

З графіка видно, що верстати мало завантажені, тому довантажуюмо їх іншими подібними деталями, збільшуючи при цьому коефіцієнт завантаження.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання по основному часу:

$$\eta_{оз} = \frac{t_{осн}}{T_{шт.к}}, \quad (3.10)$$

де $t_{осн}$ – основний час;

$T_{шт.к}$ – штучно калькуляційний час.

$$\eta_3 = \frac{1,8}{3,17} \cdot 100\% = 59\% ;$$

$$\eta_3 = \frac{2,03}{3,03} \cdot 100\% = 67\%$$

$$\eta_3 = \frac{1,6}{3,4} \cdot 100\% = 49\%$$

$$\eta_3 = \frac{1,39}{3} \cdot 100\% = 47\% ;$$

$$\eta_3 = \frac{0,9}{2,3} \cdot 100\% = 42\% ;$$

$$\eta_3 = \frac{3,83}{6,2} \cdot 100\% = 64\% .$$

Отже, потрібно розширити номенклатуру виробів, або довантажити верстати деталями з інших дільниць та цехів.

Отримані результати занесено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часу.	Середній коефіцієнт завантаження по основному часу
005	Токарна з ЧПК	0,32/ 0,87	1	0,32	0,4025/ 0,8475	0,59	0,515
010	Токарна з ЧПК	0,31/ 0,83		0,31		0,67	
015	Фрезерна	0,39/ 0,93	1	0,39		0,49	
020	Свердлильна	0,3/ 0,82	1	0,3		0,47	
030	Токарна з ЧПК	0,28/ 0,64	1	0,28		0,42	

Примітка. В знаменнику приведені дані з урахуванням приведеної програми.

3.3 Розрахунки кількості робітників на ділянці

Визначимо необхідну кількість працюючих на кожній операції окремо:

$$P_i = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{прив.}}{F_{др.} \cdot 60 \cdot K_{б.обсл.}}, \quad (3.11)$$

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

$F_{др.}$ – фонд часу робітника, при довго тривалості відпустки 24 дня, а також при довго тривалості робочої неділі 41 год $F_{др}=1820$ год.;

$K_{б.обсл.}$ – коефіцієнт, який враховує кількість верстатів, які обслуговує 1 робітник;

$N_{прив.}$ – приведена програма.

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

операція 005-010:

$$P_1 = \frac{3.17 \cdot 67000}{1820 \cdot 60 \cdot 2} = 0.97;$$

приймаємо 1 робітник;

операція 015:

$$P_3 = \frac{3.4 \cdot 67000}{1820 \cdot 60 \cdot 2} = 1.04;$$

приймаємо 1 робітник;

операція 020:

$$P_4 = \frac{3 \cdot 67000}{1820 \cdot 60 \cdot 2} = 0.92;$$

приймаємо 1 робітник;

операція 030:

$$P_6 = \frac{2.3 \cdot 67000}{1820 \cdot 60 \cdot 2} = 0.71;$$

приймаємо 1 робітник.

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{ос.} = P_{005,010} + P_{015} + P_{020} + P_{030} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4.$$

Визначимо необхідну кількість допоміжних робітників. Їх кількість може бути визначена у відсотках (20-25%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{ос.}$):

$$P_{д.} = P_{ос.} \cdot 0,2 = 4 \cdot 0,2 = 0,8.$$

Приймаємо $P_{д.}=1$ робітник.

Визначимо необхідну кількість інженерно-технічних робітників. Для механічних цехів їх кількість може бути визначена у відсотках (15-24%) від сумарної кількості прийнятих верстатів ($C_{пр.}$):

$$P_{i.t.}=C_{пр.} \cdot 0,15=4 \cdot 0,15=0,6.$$

Приймаємо $P_{i.t.}=1$ робітник.

Визначимо необхідну кількість службовців. Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,1-2%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{oc.}$):

$$P_{с.}=P_{oc.} \cdot 0,01=4 \cdot 0,01=0,04.$$

Приймаємо $P_{с.}=1$ робітник.

Загальна кількість працюючих зведемо у відомість працюючих.

Таблиця 3.4 – Відомість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	4	2 – токар; 1 – фрезерувальник; 1 – свердлильник;	2 (1-ша зміна) 2 (2-га зміна)
Допоміжні робітники	1	1 – контролер	1 (1-ша зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	1 – технолог	1 (1-ша зміна)
Службовці	1	1 – бухгалтер	1 (1-ша зміна)
Молодший обслуг. персонал	1		

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

В магістерській роботі розглядається процес точіння деделі вал А54. Це дозволяє збільшити твердість, зменшити шорсткість отриманої поверхні.

Ступень новизни науково-дослідної роботи складає 30 балів [20], оскільки робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження, розроблено більш простий спосіб – обкочування тороїдальним роликом для забезпечення потрібної твердості.

Показник рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи складає 20, оскільки робота містить практичні рекомендації для окремого випадку обкочування конкретної деталі.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку	9			20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Показник, який характеризує науковий ефект:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot 30 + 0,4 \cdot 20 = 26$$

Отже досягнутий достатній рівень показника наукового ефекту. Це досягнуто за рахунок розробки нової конструкції інструменту для обкочування, що забезпечує кращі параметри процесу.

4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
1. Технічна здійсненність концепції	2	2	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	2	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	2	2	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	4	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	1	1
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4

12. здійсненність документів)	Практична (розробка	2	2	2
Сума балів		СБ1=32	СБ2=31	СБ3=32
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$		=(32+31+32)/3=32		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

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), 6700 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	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
005-010-030	0,2745	5	116,48	31,45
015-020-025	0,0027	5	116,48	0,31
Всього				31,76

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

$$З_p = 31,796 \cdot 6624 = 72468,32 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

4.3.2 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:

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

4.3.3 Сировина та матеріали

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

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

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 3,12 кг, $Ц_i$ – вартість матеріалу i -го найменування, 12 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат,

$K_i = 1,1$. V_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.
Сталь 45	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:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.3)$$

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

C — 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

4.3.5 Програмне забезпечення для наукових робіт.

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

4.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{Ц_б \cdot t_{вик}}{T_б \cdot 12}$$

де $Ц_б$ – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$t_{вик}$ – 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	350 000	12	0,33	805
Всього			281405	

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

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_{eni} - коефіцієнт, що враховує використання потужності,

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

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

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

$C_{роз}$ - 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:

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

4.3.9 Службові відрядження

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

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

4.3.10 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:

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

4.3.11 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:

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

5.3.12 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.

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

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:

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

4.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру

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.

4.6 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.13)$$

де C_0 – 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;

C_0 – 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:

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

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 прийемо, 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 $E_{\text{абс}} > 0$, 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 це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

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

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

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

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 3300717,59 / 416682167} - 1 = 0,34 = 34\%$$

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

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

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок}=1/0,34=2,95$$

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 дільниці 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.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.3 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання приміщення та робочого місця

До робіт із пневматичним інструментом відповідно до ДНАОП 0.03.-8.07-94 “Перелік важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх” повинні допускатися працівники, що пройшли виробниче навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідності з ДНАОП 0.00-4.12-99 “Типове положення про навчання з питань охорони праці”. Робоча частина пневматичного інструмента повинна бути правильно заточена і не повинна мати ушкоджень, тріщин, вибоїв і заусениць. Бічні грані інструмента не повинні мати гострих ребер; хвостовик інструмента повинний бути рівним, не мати скосів і тріщин, відповідати розмірам втулки, бути щільно пригнаним і правильно центрованим – для запобігання мимовільного випадання.

Забороняється працювати з пневматичним інструментом при наявності люфту у втулці або застосовувати підкладки (заклинювати) інструмент. Клапан включення пневматичного інструмента повинний легко і швидко, без застосування зусилля, відкриватися і закриватися і не пропускати повітря в закритому положенні; цей клапан повинний бути відрегульований до початку роботи пневматичного інструмента. Для пневматичного інструмента необхідно застосовувати неушкоджені гнучкі шланги, що повинні приєднуватися до інструмента і з'єднуватися між собою за допомогою ніпелів або штуцерів і стяжних хомутів; не дозволяється закріплювати шланги дротом.

Місця приєднання повітряних шлангів до пневматичного інструмента, трубопроводам і місця з'єднання шлангів між собою не повинні пропускати повітря. Перед приєднанням гнучкого шланга до пневматичного інструмента повітряну магістраль необхідно продути, а після приєднання шланга до магістралі необхідно продути також і гнучкий шланг, вільний кінець якого перед продувкою повинний

бути закріплений. Інструмент повинний приєднуватися до шланга після очищення сітки у футорці. На повітротрубопроводі повинна бути запірна арматура.

Приєднання шланга до магістралі і до інструмента, а також його від'єднання необхідно виконувати при перекритій арматурі. Гнучкий шланг повинний бути розміщений так, щоб виключалася можливість його випадкового ушкодження або наїзду на нього транспорту. Не допускається при виконанні робіт натягати і перегинати шланги пневматичного інструмента, а також перетинати їхніми тросами, кабелями і рукавами газозварювання. Повітря до пневматичного інструмента необхідно подавати тільки після установки його в робоче положення. Робота інструмента вхолосту допускається тільки при його випробуванні – перед початком виконання робіт або при проведенні ремонту. Працювати пневматичним інструментом ударної дії необхідно в захисних окулярах і з використанням рукавиць. Забороняється працювати з пневматичним інструментом із приставних сход. Виправляти, регулювати і змінювати робочу частину інструмента дозволяється тільки за умови відсутності в гнучкому шлангу стиснутого повітря.

Переносити пневматичний інструмент дозволяється тільки за рукоятку; використовувати шланг або робочу частину пневматичного інструмента для його переміщення забороняється. Під час перерв у роботі, у випадку обриву або ушкодження шлангів або пневматичного інструмента необхідно негайно припинити доступ до нього стиснутого повітря (перекрити запірну арматуру). Гнучкі шланги до пневматичного інструмента необхідно зберігати в закритому приміщенні при плюсовій температурі повітря.

Пневматичний інструмент, незалежно від умов його роботи і справності, необхідно періодично, не рідше 1 рази в 6 міс., розбирати, промивати, змазувати його деталі, роторні лопатки – заправляти, а виявлені при огляді ушкоджені або сильно зношені частини – замінити новими. Після зборки інструмента необхідно проводити регулювання частоти обертання шпинделя на відповідність паспортним даним, а також протягом 5 хв перевіряти його роботу на холостому ході. Після проведення вищевказаних робіт, у випадку позитивних результатів іспиту, необхідно зробити запис про справність інструмента в журналі (форма журналу довільна).

Вібраційні параметри, що повинні визначатися відповідно до ДСТ 16519, ДСТ 16844 і по стандартах на конкретні види інструмента і заноситися в паспорт інструмента, а також шумові характеристики пневматичного інструмента необхідно контролювати після його ремонту, під час проведення якого інструмент розбирався.

При проведенні іспитів після ремонту пневматичного інструмента рівень звукової потужності випробовуваного інструмента не повинний більш ніж на 6 дБ перевищувати рівень перешкод стаціонарного шумового фону.[21]

5.1.2 Електробезпека приміщення

За ступенем небезпеки враження електричним струмом приміщення можна класифікувати як таке, що має категорію «без підвищеної небезпеки», оскільки вся зазначена офісна техніка має захисне заземлення, передбачене її конструкцією, і повністю виключає можливість випадкового контакту із частинами, що перебувають під небезпечною для людини напругою [22].

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ в досліджуваному приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються: ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів; захисне заземлення із використанням природних заземлювачів; систематичне проходження інструктажу з електробезпеки.

5.4 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Стан навколишнього виробничого середовища характеризується такими метеорологічними умовами: температурою, відносною вологістю, барометричним тиском і швидкістю руху повітря. Вищеназвані параметри, які ще називають

параметрами мікроклімату, визначають умови теплообміну організму працівника із довкіллям.

Дослідження згідно гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [1] за енерговитратами відноситься до категорії I б. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [23] наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату передбачено система водяного опалення, теплоізолююча обробка зовнішніх стін приміщення та припливно-витяжна вентиляція.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливої речовини у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію даної речовини, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год чи іншої тривалості (але не більше 40 год на тиждень) не призводить до зниження працездатності й захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не чинить несприятливого впливу на здоров'я нащадків.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Формальдегід	0,035	0,03	2
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,01	1

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено використання механічної вентиляції та систематичне вологе прибирання.

5.2.3. Виробниче освітлення

У приміщенні, де відбувалося дослідження використовується природне однобічне бічне освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [23]) при природному та сумісному освітленні для розробника зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роб	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

Штучне освітлення в приміщеннях має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись світлодіодні лампи. Для захисту від прямих сонячних променів повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати жалюзі або штори.

5.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму під час роботи є різні верстати та обладнання для обробки металу. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [24]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова і творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію та використовувати засоби індивідуального захисту.

5.2.6 Виробничі випромінювання

Рівні напруженості електромагнітних полів за електричними складовими та густиною магнітних потоків (індукції) у цих піддіапазонах регламентуються чинним в Україні нормативним актом ДСанПіН 3.3.2.007-98 [24] та загальноєвропейським стандартом MPR II, відомим під назвою «шведський стандарт». Ці ж діапазони розглядаються в універсальному рекомендаційному стандарті ТСО'99.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від комп'ютера наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320. ..400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 вВ/м

Для захисту людини від дії електромагнітних випромінювань передбачаються наступні способи і засоби: зменшення параметрів випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування робочого місця; обмеження часу перебування персоналу в робочій зоні; встановлення раціональних режимів експлуатації установок і роботи працюючого персоналу.

5.2.6. Напруженість праці

У процесі роботи з необхідно дотримуватися правильного режиму праці та відпочинку. Для збереження здоров'я працівників, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності слід передбачати внутрішньозмінні регламентовані перерви. після кожної години роботи. Для профілактики напруженості органів зору важливими є: дотримання режимів праці та відпочинку; характеристики та налаштування монітору ПК: яскравість екрана, зернистість, відсутність близькості тощо, наприклад, неясні кольори менше втомлюють очі, ніж яскраві. Для зниження нервово-емоційного напруження і втоми очей, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, наведених у додатку 7 до ДСанПіН 3.3.2.007-98 (див. с.70,71). Отже, за умови дотримання Правил № 65 та ДСанПіН 3.3.2.007-98 робота з ПК не належить до категорії із шкідливими умовами праці. 4.5

Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.3 Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.

5.3.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і

коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою – в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

5.3.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,16 \text{ мР},$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1.\max}=1,25$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=8$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,77 \text{ (мР / год)}.$$

Можлива доза опромінення $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,16 > 0,75$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$ ($1,2 > 0,77$) перевищують допустимі норми. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot p_{1\max}} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 3,75.$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_n=1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: $t_{n1} = 1$ год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k1} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,96 \approx 7,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p1} = t_{k1} - t_{п1} = 7,5 - 1 = 6,5$ год.

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{n1}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{7,5^3} - \sqrt[4]{1^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 2-ї зміни: $t_{п2} = t_{п1} + t_{p1} = 1 + 6,5 = 7,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k2} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{7,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 16,6 \approx 16,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 16,5 - 7,5 = 9$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{n2}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{16,5^3} - \sqrt[4]{7,5^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 3-ї зміни: $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 7,5 + 9 = 16,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{16,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 27,05 \approx 27 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 27 - 16,5 = 10,5$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{27^3} - \sqrt[4]{16,5^3})}{8} = 0,746 \text{ мР}.$$

Для 4-ї зміни: $t_{п4} = t_{п3} + t_{р3} = 16,5 + 10,5 = 27$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{27^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 38,93 \approx 39 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{р4} = t_{к4} - t_{п4} = 39 - 27 = 12$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{п4}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{39^3} - \sqrt[4]{27^3})}{8} = 0,76 \text{ мР}.$$

Роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 16,5 год. після радіоактивного забруднення. Для захисту працівників в таких умовах роботи доцільно вжити таких заходів: незайнятих на виробництві працівників евакуювати; забезпечити працівників засобами індивідуального захисту; систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях; провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему; провести йодну профілактику персоналу; максимально обмежити пересування працівників по відкритій місцевості.

В розділі проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Вал А54», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

ВИСНОВКИ

При обробці деталей типу вал, заготовками яких є прутки і відповідно знімається великий шар металу, досить складно визначити режими обробки (для того щоб уникнути прогину деталі) та запрограмувати верстат для механічної обробки. Тому доцільно використати програму solid work, в якій створено модель деталі, виконано її аналіз на міцність, обрано спосіб закріплення та виконано вибір ріжучого інструменту. Це дозволило оптимізувати режими обробки у відповідності із геометрією та матеріалом ріжучого інструмента. При заміні матеріалу ріжучого інструмента, програма автоматично змінює режими обробки та вносить зміну у програму для верстат з ЧПУ. Таким чином отримана програма для чорнової та чистової обробки точінням, що дозволило мінімізувати час механічної обробки та скоротити час на холості ходи інструменту.

Вал входить до складу збірної конструкції блоку ділильного і призначений для передачі крутного моменту. В цілому деталь технологічна, виготовляється з вуглецевої сталі 45, тому заготовка може отримуватися пластичним деформуванням. Розглядалося кування на молотах та прокат, але за техніко економічним порівнянням обрано прокат.

На основі отриманих під час розрахунків даних побудовано маршрут механічної обробки, який складається з 5 операцій. На першій операції точаться торці та обробляються центровочні отвори. На операції 010 виконується точіння всіх зовнішніх поверхонь. На наступній операції фрезеруються шпонкові пази. На операції 020 виконується обробка отворів розташованих в торцях деталі. Остання операція виконується на верстаті підвищеної точності, на ній тонко точаться циліндричні поверхні, що дає можливість забезпечити їм необхідну точність і шорсткість

Для визначення технологічних розмірів та уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз. Виконано розрахунок режимів різання та норм часу для всіх переходів механічної обробки. Що дало можливість розрахувати

необхідну кількість верстатів та робітників для їх обслуговування і спроектувати дільницю механічної обробки.

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

Проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Вал А54», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Autodesk PowerMill [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.powermill.com/ru/>.152. Archetti C., Hertz A., Speranza M.G. A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem / C. Archetti, A. Hertz, M.G. Speranza // Transportation Science, 2006. – Vol. 40. – P. 64-73.
2. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу: https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANgsoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUE_nX2QPIMyQUaAjmLEALw_wcB
3. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 1: parts, assembly, drawings, and sheet metal. Tutorial Books, 2018. 532 p.
4. Кравченко І. В. Розробка конструкторської документації в середовищі AUTOCAD MECHANICAL: Навчальний посібник. [Електронний ресурс] / Уклад.: І. В. Кравченко, В. І. Микитенко – НТУУ "КПІ". Електронні текстові дані (1 файл).- Київ: НТУУ "КПІ", 2016.
5. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проектування складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.
6. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с
7. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування :навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
8. 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.

9. Дерібо О. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 114 с.
10. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/ П.П.Мельничук, А.І.Боровик, П.А.Лінчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с
11. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О.Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
12. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Лінчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с
13. Сиротинський О.А. Основи автоматизації проектування машин.: Навчальний посібник.- Рівне: УДУВГП, 2004.- 250 с.
14. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х.: ХДУХТ, 2017. –120 с.
15. Грабченко А.І., Узунян М. Д., Зубкова Н. В. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб.. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – 88 с.
16. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проектування складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.
17. 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.
18. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник / М. С. Когут – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.
19. 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.

20. Наказ МОЗУ №528 від 27.12.2001 «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

22. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php.

23. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням:

90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

24. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

26. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

27. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta->

infrazvuku-nor4878.html

29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та

зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

30. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Вал А54" _____

Тип роботи: _____ *магістерська кваліфікаційна робота* _____
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність _____ *82,3* _____ Схожість _____ *17,7* _____

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 _____ *Якимчук А.* _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

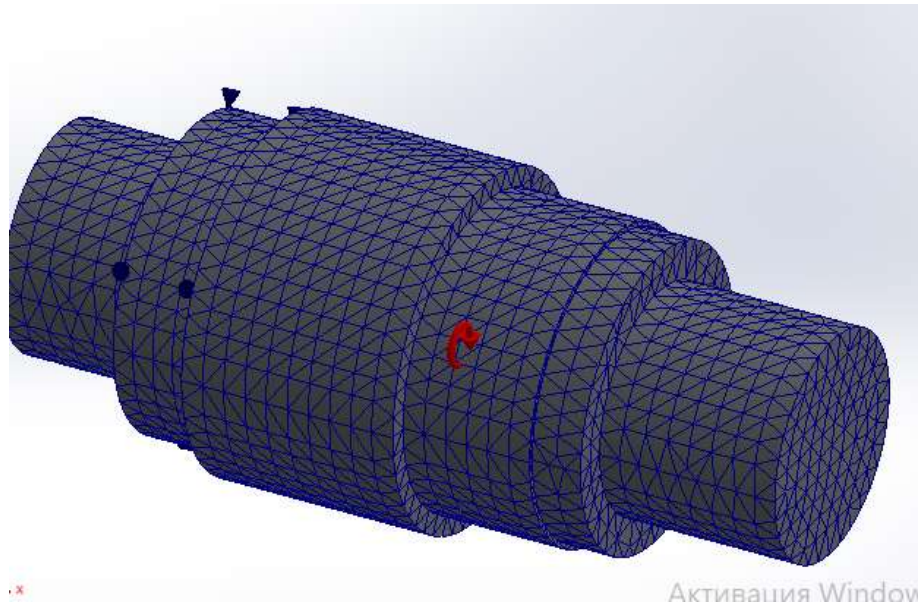
Керівник роботи _____ *Буренніков Ю.А.* _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

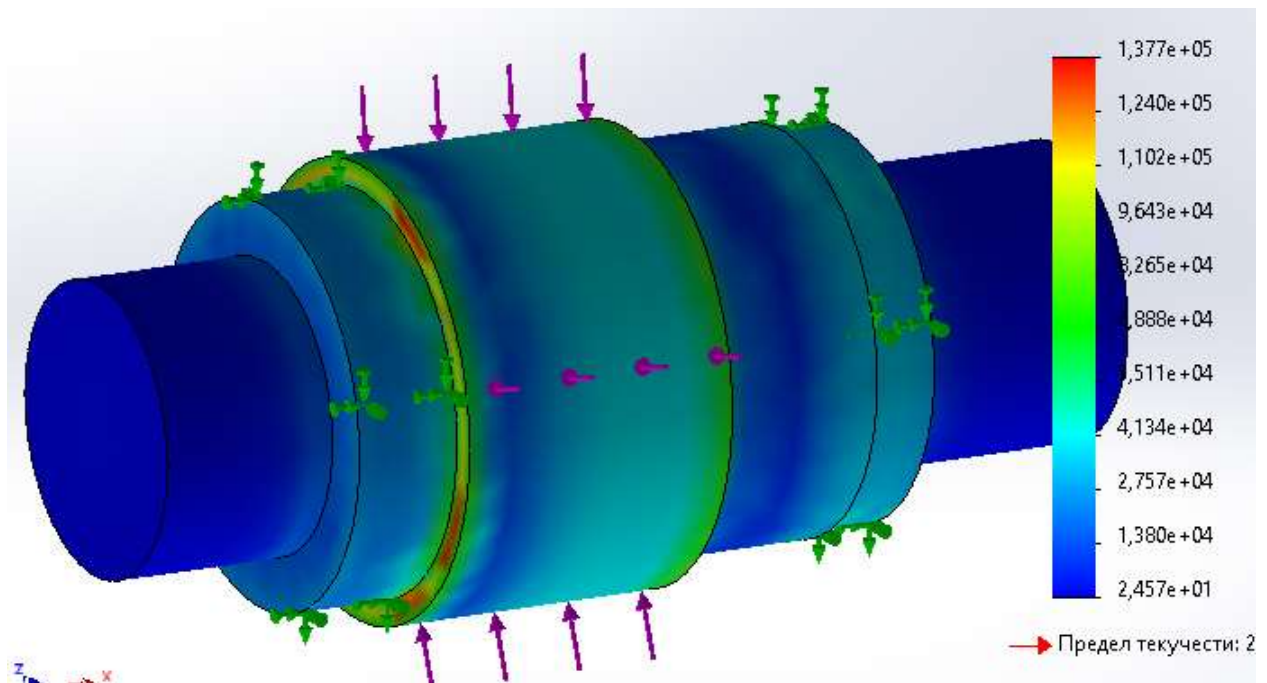
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ А54".
(обов'язковий)

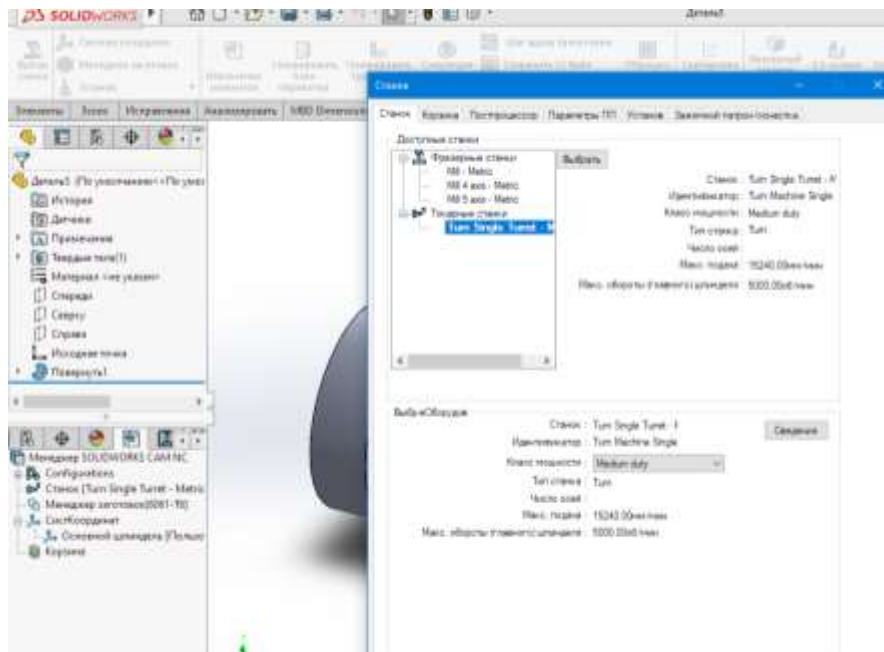
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛ



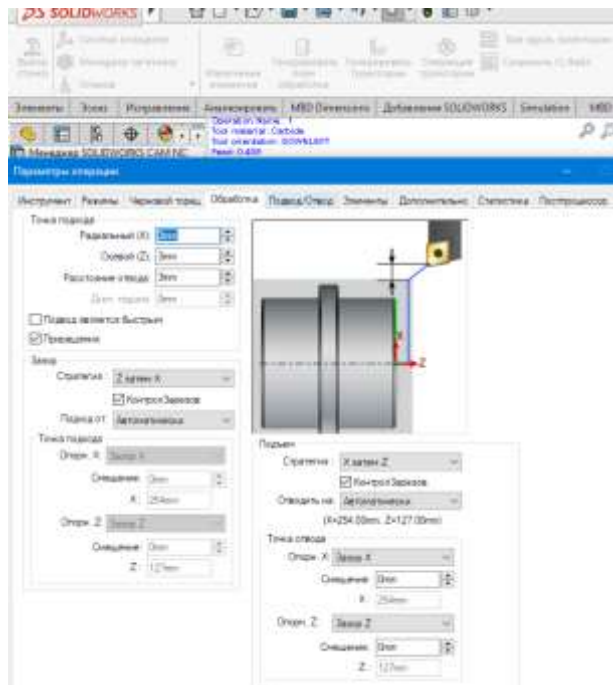
Створення сітки на деталі вал А54



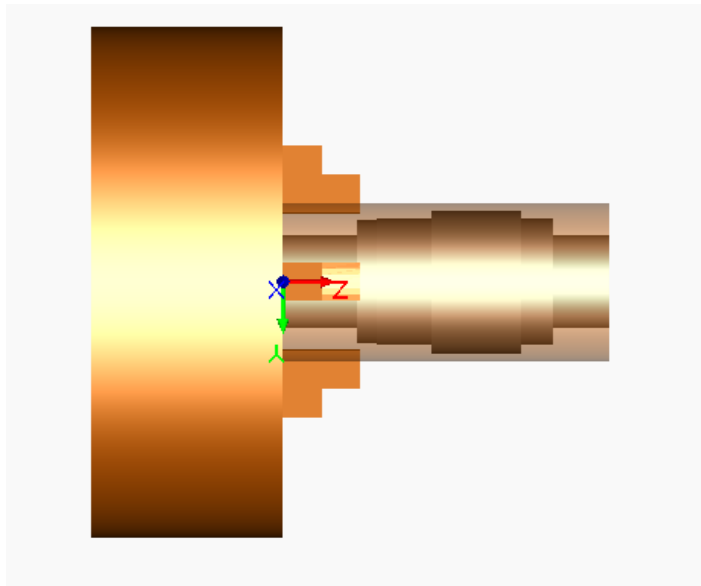
Напруження, що виникають при навантаженні валу



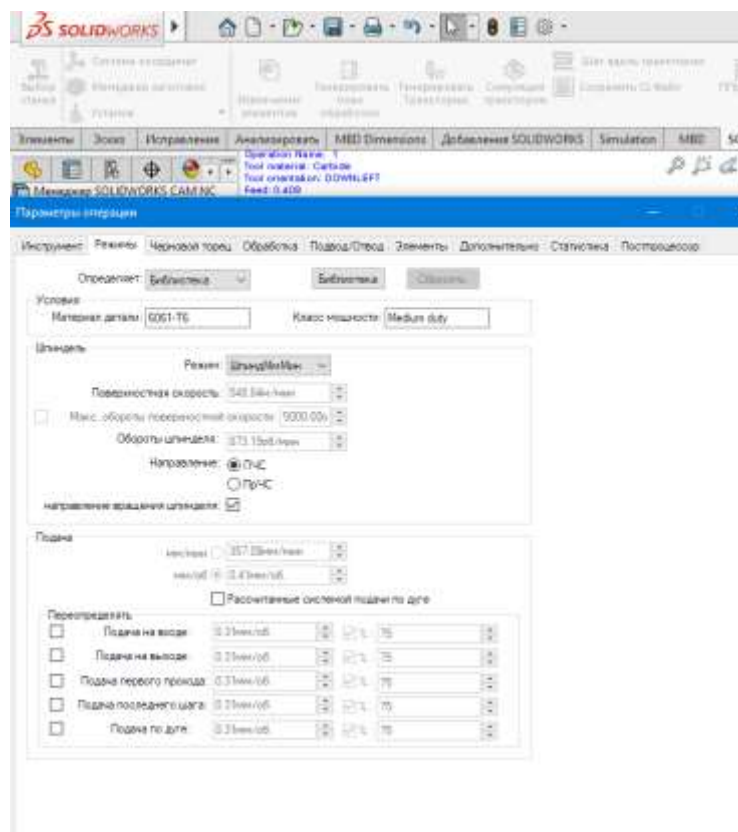
Вікно параметрів верстату



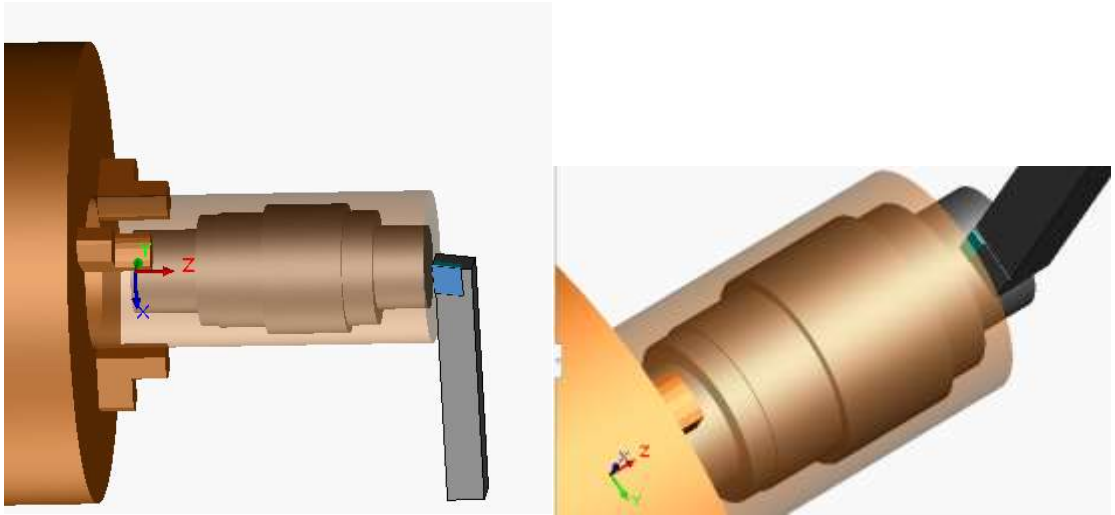
Вибір ріжучого інструменту



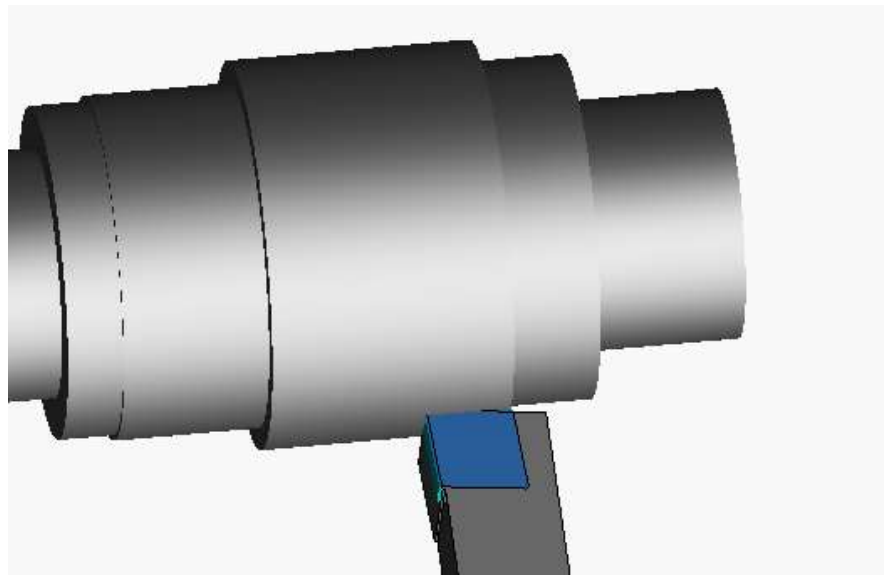
Закріплення деталі



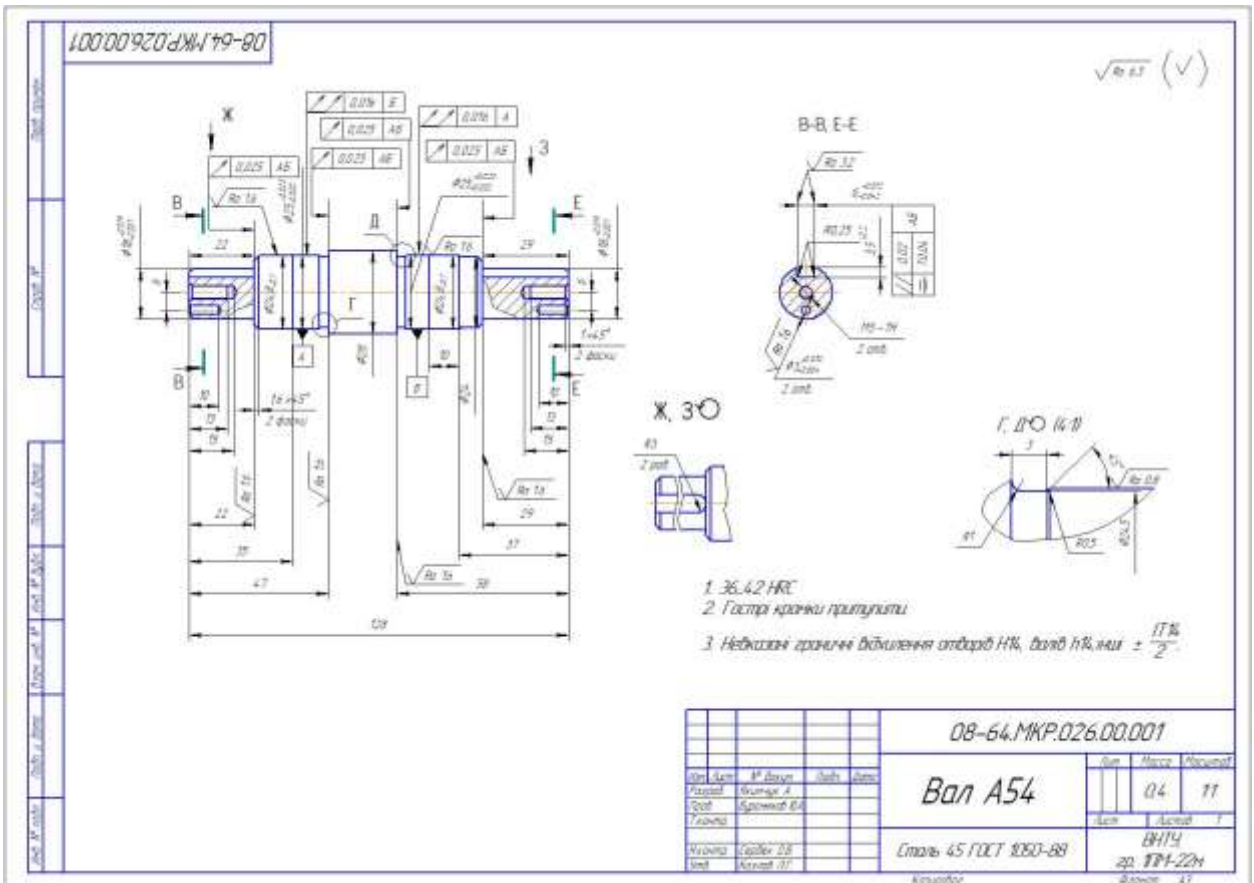
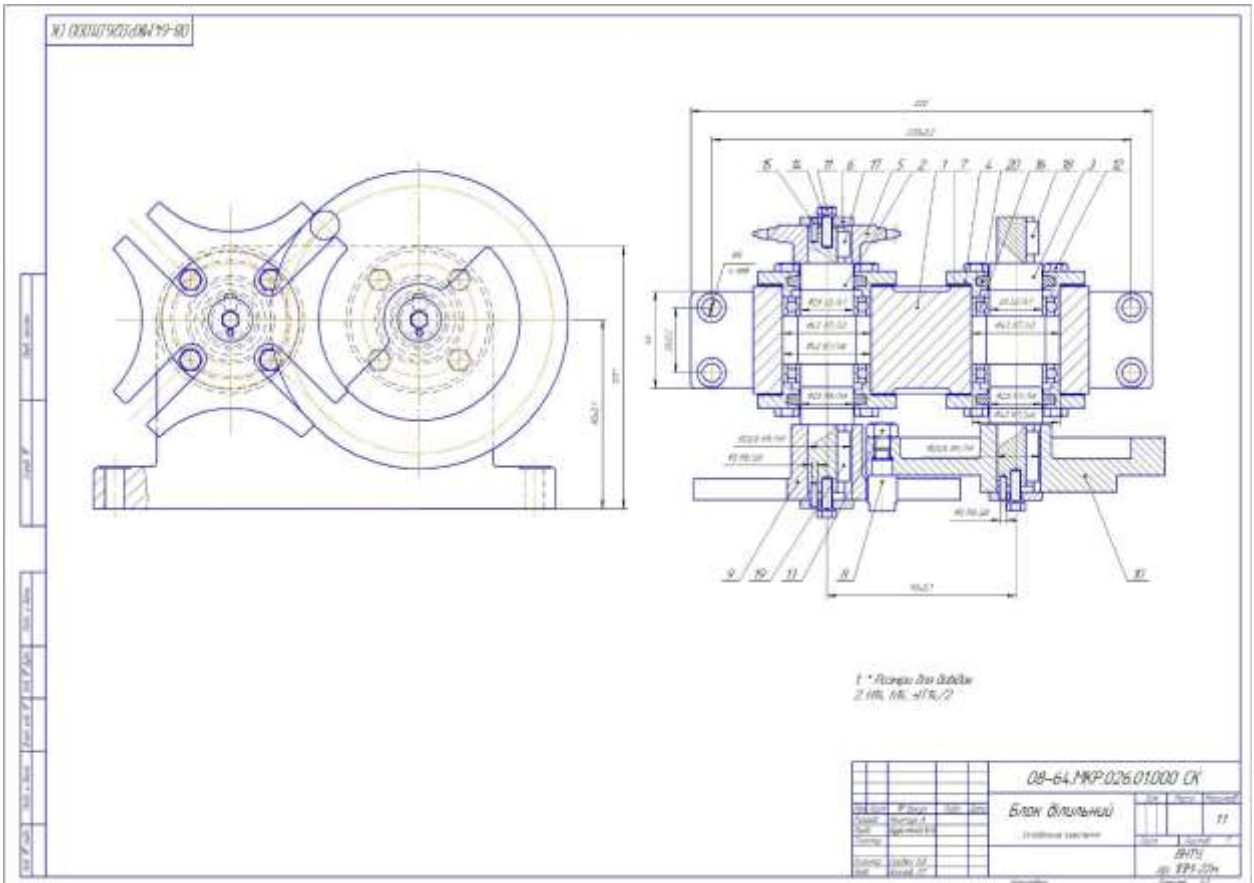
Автоматичний розрахунок режимів обробки



Операція чорнового точіння



Операція чистового точіння

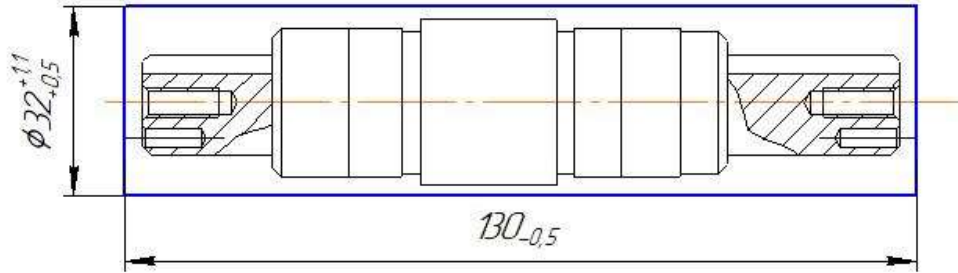


08-64.МКР026.00.002

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

1. Острі кромки притупити
2. Точність прокатки – звичайна (В).
3. Клас кривизни по ГОСТ 2590-88 – 2.
4. Марка прокату – Ст5пс, категорія – 1 група – 2.

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-64.МКР026.00.002

Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
Разр.		Якимчук А		
Проб.		Буряніков Ю.А		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Вал
заготовка

Лист	Масса	Масштаб
	0.78	1:1
Лист	Листов	

Круз В-11-3 ГОСТ 2590-88
4-5-217-11-781-138-93-00 ГОСТ 1050-88

ВНТУ
гр. 1ГМ-22М

Копирвал

Формат А4

Маршрут механічної обробки

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
005	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Підготувати таріць 1 в розмір 12/96_{±0,1}. 3. Центрувати отвір 2. 4. Свідлити отвір 2 в розмір вказаний на ескізі. 5. Зенкувати фаску в отворі 2. 6. Нарізати різь в отв. 2 в розмір вказаний на ескізі. 7. Переустановити деталь. 8. Підготувати таріць 3 в розмір 12/8_{±0,1}. 9. Центрувати отвір 4. 10. Свідлити отвір 4 в розмір вказаний на ескізі. 11. Зенкувати фаску в отворі 4. 12. Нарізати різь в отв. 4 в розмір вказаний на ескізі. 13. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rr 6,3} (\checkmark)$</p> <p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2.</p>	<p>Токарно-револьверний ЧПК 1П4.20ПФ30</p>
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точки поверхні 1,2,5,6 однакратно в розміри вказані на ескізі та 3,4 поперірно в разі відповідно 19_{±0,01}, 25_{±0,01}. 3. Точки поверхні 3,4 остаточно та фаски 7,8 в разі вказані на ескізі. 4. Точки пов. 9,11,13,14 однакратно в розміри вказані на ескізі та 10,12 поперірно в разі відповідно 19_{±0,01}, 25_{±0,01}. 5. Точки поверхні 10,12 остаточно та фаски 16,17 в разі вказані на ескізі. 6. Точки канавки 18, 19 в разі вказані на ескізі. 7. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rr 6,3} (\checkmark)$</p> <p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2.</p>	<p>Токарно-револьверний ЧПК 1П4.20ПФ30</p>
015	<p>Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпандовий паз 1 в розмір вказаний на ескізі. 3. Фрезерувати шпандовий паз 2 в розмір вказаний на ескізі. 4. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rr 6,3} (\checkmark)$</p> <p style="text-align: center;">Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2.</p>	<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3</p>

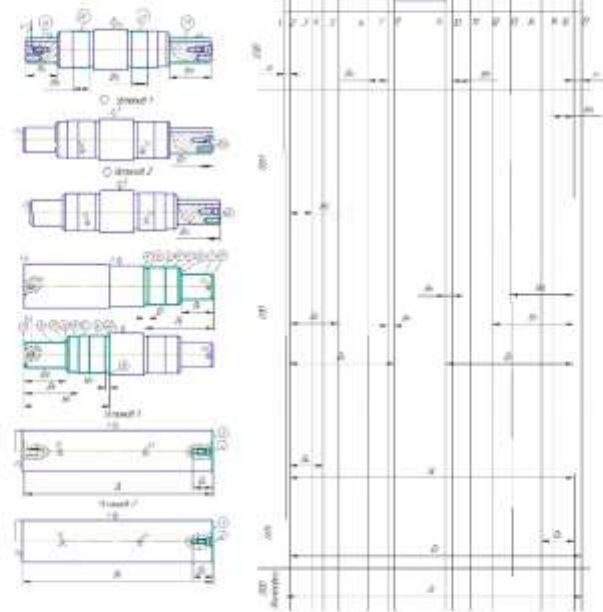
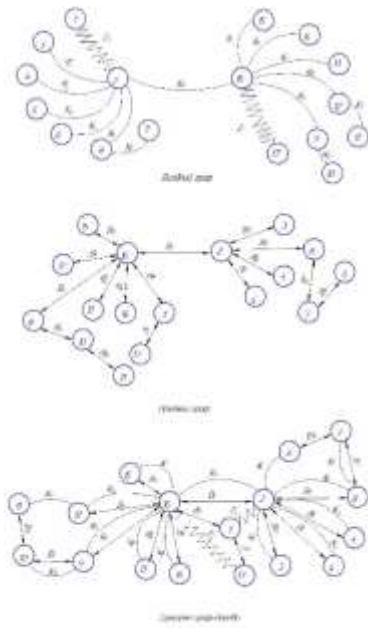
Маршрут механічної обробки

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
020	<p><u>Свердильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Свердлити отвір 1 в розмір вказаний на ескізі. 3. Переустановити деталь. 4. Встановити і закріпити деталь. 5. Свердлити отвір 2 в розмір вказаний на ескізі. 6. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">Станок 1 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)</p> <p style="text-align: right;">Станок 2</p>	Вертикально-свердильний 2Н118
025	Виконати термообробку 36..42 HRC		
030	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити поверхні 1, 2 попередньо в розміри відповідно $25^{+0,05}$, $25^{+0,05}$. 3. Точити поверхні 3, 4 тонко в розміри вказані на ескізі. 4. Точити поверхні 1, 2 остаточно в розміри вказані на ескізі. 5. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)</p>	Токарний з ЧПК підвищеної точності МК260МФ3

Розмірний аналіз технологічного процесу

Таблиця 1. Замовлення на обробку

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Вид	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
Вид	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200



Додаток В
(обов'язковий)

Специфікації
(обов'язковий)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A2			08-64.МКР.026.01000.СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
A2	1		08-64.МКР.026.01001	Корпус	1	
A3	2		08-64.МКР.026.01002	Вал	1	
A3	3		08-64.МКР.026.01003	Вал	1	
A4	4		08-64.МКР.026.01004	Кришка	4	Прим
A3	5		08-64.МКР.026.01005	Зрочка	1	Прим
A4	6		08-64.МКР.026.01006	Шайба	3	Прим
A4	7		008-64.МКР.026.01007	Прокладка	4	Прим
A4	8		08-64.МКР.026.01008	Палець	1	
A3	9		08-64.МКР.026.01009	Хреск	1	
A3	10		08-64.МКР.026.01010	Водило	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
Болти ГОСТ7798-70						
	11		M5x16		3	
	12		M6x14		16	
	13		Гайка M8 ГОСТ5915-70		1	
	16		Підшипник 1000905 ГОСТ8338-75		4	
	14		Шайба 6 65Г			
			ГОСТ6402-70		3	
08-64.МКР.026.01.000						
			Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
			Разроб.	Якимчук А.		
			Проб.	Буреніков ЮА		
			Н.контр.	Сердюк О.В		
			Утв.	Козлов ЛГ.		
Блок						Лист
дільний						Лист
ВНТУ						Листов
зр. 1ГМ-22М						1 2
Копирвал						Формат А4

Додаток Г
(обов'язковий)

Програма для верстата з ЧПУ
(довідниковий)

O0001

N1 (DNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N2 T0303

N3 B90.

N4 G00 G96 S548 M03

N5 ('8AB>2>9 B>@5F1)

N6 G54 G00 Z130.954 M08

N7 X3.738

N8 G01 X-2.262 Z127.954 F.409

N9 X-1.555 Z127.6

N10 Z-.4

N11 X-2.262 Z-.754

N12 G00 Z131.

N13 G40 X508. Z127. M09 N17 Z132.05

N18 X-1.6

N19 X-2.307 Z132.404

N20 G00 Z135.404

N21 X50.693

N22 Z132.404

N23 G01 X51.4 Z132.05

N24 Z129.1

N25 X-1.6

N26 X-2.307 Z129.454

N27 G00 Z132.454

N28 X50.693

N29 Z129.454

N30 G01 X51.4 Z129.1

N31 Z126.15

N32 X-1.6
N33 G00 Z129.15
N34 X50.693
N35 Z126.504
N36 G01 X51.4 Z126.15
N37 Z123.2
N38 X-1.6
N39 G00 Z126.2
N40 X50.693
N41 Z123.554
N42 G01 X51.4 Z123.2
N43 Z120.25
N44 X-1.6
N45 G00 Z123.25
N46 X50.693
N47 Z120.604
N48 G01 X51.4 Z120.25
N49 Z117.3
N50 X-1.6
N51 G00 Z120.3
N52 X50.693
N53 Z117.654
N54 G01 X51.4 Z117.3
N55 Z114.35
N56 X-1.6
N57 G00 Z117.35
N58 X50.693
N59 Z114.704
N60 G01 X51.4 Z114.35
N61 Z111.4
N62 X-1.6

N63 G00 Z114.4
N64 X50.693
N65 Z111.754
N66 G01 X51.4 Z111.4
N67 Z108.45
N68 X-1.6
N69 G00 Z111.45
N70 X50.693
N71 Z108.804
N72 G01 X51.4 Z108.45
N73 Z105.5
N74 X-1.6
N75 G00 Z108.5
N76 X50.693
N77 Z105.854
N78 G01 X51.4 Z105.5
N79 Z102.55
N80 X-1.6
N81 G00 Z105.55
N82 X50.693
N83 Z102.904
N84 G01 X51.4 Z102.55
N85 Z99.6
N86 X-1.6
N87 G00 Z102.6
N88 X50.693
N89 Z99.954
N90 G01 X51.4 Z99.6
N91 Z96.65
N92 X-1.6
N93 G00 Z99.65

N94 X50.693
N95 Z97.004
N96 G01 X51.4 Z96.65
N97 Z93.7
N98 X-1.6
N99 G00 Z96.7
N100 X50.693
N101 Z94.054
N102 G01 X51.4 Z93.7
N103 Z90.75
N104 X-1.6
N105 G00 Z93.75
N106 X50.693
N107 Z91.104
N108 G01 X51.4 Z90.75
N109 Z87.8
N110 X-1.6
N111 G00 Z90.8
N112 X50.693
N113 Z88.154
N114 G01 X51.4 Z87.8
N115 Z84.85
N116 X-1.6
N117 G00 Z87.85
N118 X50.693
N119 Z85.204
N120 G01 X51.4 Z84.85
N121 Z81.9
N122 X-1.6
N123 G00 Z84.9
N124 X50.693

N125 Z82.254
N126 G01 X51.4 Z81.9
N127 Z78.95
N128 X-1.6
N129 G00 Z81.95
N130 X50.693
N131 Z79.304
N132 G01 X51.4 Z78.95
N133 Z76.
N134 X-1.6
N135 G00 Z79.
N136 X50.693
N137 Z76.354
N138 G01 X51.4 Z76.
N139 Z73.05
N140 X-1.6
N141 G00 Z76.05
N142 X50.693
N143 Z73.404
N144 G01 X51.4 Z73.05
N145 Z70.1
N146 X-1.6
N147 G00 Z73.1
N148 X50.693
N149 Z70.454
N150 G01 X51.4 Z70.1
N151 Z67.15
N152 X-1.6
N153 G00 Z70.15
N154 X50.693
N155 Z67.504

N156 G01 X51.4 Z67.15
N157 Z64.2
N158 X-1.6
N159 G00 Z67.2
N160 X50.693
N161 Z64.554
N162 G01 X51.4 Z64.2
N163 Z61.25
N164 X-1.6
N165 G00 Z64.25
N166 X50.693
N167 Z61.604
N168 G01 X51.4 Z61.25
N169 Z58.3
N170 X-1.6
N171 G00 Z61.3
N172 X51.4
N173 G01 Z55.35
N174 X-1.6
N175 G00 Z58.35
N176 X50.693
N177 Z55.704
N178 G01 X51.4 Z55.35
N179 Z52.4
N180 X-1.6
N181 G00 Z55.4
N182 X50.693
N183 Z52.754
N184 G01 X51.4 Z52.4
N185 Z49.45
N186 X-1.6

N187 G00 Z52.45
N188 X50.693
N189 Z49.804
N190 G01 X51.4 Z49.45
N191 Z46.5
N192 X-1.6
N193 G00 Z49.5
N194 X50.693
N195 Z46.854
N196 G01 X51.4 Z46.5
N197 Z43.55
N198 X-1.6
N199 G00 Z46.55
N200 X50.693
N201 Z43.904
N202 G01 X51.4 Z43.55
N203 Z40.6
N204 X-1.6
N205 G00 Z43.6
N206 X50.693
N207 Z40.954
N208 G01 X51.4 Z40.6
N209 Z37.65
N210 X-1.6
N211 G00 Z40.65
N212 X50.693
N213 Z38.004
N214 G01 X51.4 Z37.65
N215 Z34.7
N216 X-1.6
N217 G00 Z37.7

N218 X50.693
N219 Z35.054
N220 G01 X51.4 Z34.7
N221 Z31.75
N222 X-1.6
N223 G00 Z34.75
N224 X50.693
N225 Z32.104
N226 G01 X51.4 Z31.75
N227 Z28.8
N228 X-1.6
N229 G00 Z31.8
N230 X50.693
N231 Z29.154
N232 G01 X51.4 Z28.8
N233 Z25.85
N234 X-1.6
N235 G00 Z28.85
N236 X50.693
N237 Z26.204
N238 G01 X51.4 Z25.85
N239 Z22.9
N240 X-1.6
N241 G00 Z25.9
N242 X50.693
N243 Z23.254
N244 G01 X51.4 Z22.9
N245 Z19.95
N246 X-1.6
N247 G00 Z22.95
N248 X50.693

N249 Z20.304
N250 G01 X51.4 Z19.95
N251 Z17.
N252 X-1.6
N253 G00 Z20.
N254 X50.693
N255 Z17.354
N256 G01 X51.4 Z17.
N257 Z14.05
N258 X-1.6
N259 G00 Z17.05
N260 X50.693
N261 Z14.404
N262 G01 X51.4 Z14.05
N263 Z11.1
N264 X-1.6
N265 G00 Z14.1
N266 X50.693
N267 Z11.454
N268 G01 X51.4 Z11.1
N269 Z8.15
N270 X-1.6
N271 G00 Z11.15
N272 X50.693
N273 Z8.504
N274 G01 X51.4 Z8.15
N275 Z5.2
N276 X-1.6
N277 G00 Z8.2
N278 X50.693
N279 Z5.554

N280 G01 X51.4 Z5.2
N281 Z2.25
N282 X-1.6
N283 G00 Z5.25
N284 X50.693
N285 Z2.604
N286 G01 X51.4 Z2.25
N287 Z-.7
N288 X-1.6
N289 G00 Z2.3
N290 X50.693
N291 Z-.346
N292 G01 X51.4 Z-.7
N293 Z-3.65
N294 X-1.6
N295 X-2.307 Z-3.296
N296 G00 Z-.296
N297 X50.693
N298 Z-3.296
N299 G01 X51.4 Z-3.65
N300 Z-6.6
N301 X-1.6
N302 X-2.307 Z-6.246
N303 G00 Z-3.246
N304 X50.693
N305 Z-6.246
N306 G01 X51.4 Z-6.6
N307 Z-9.55
N308 X-1.6
N309 X-2.307 Z-9.196
N310 G00 Z-6.196

N311 X50.693
N312 Z-9.196
N313 G01 X51.4 Z-9.55
N314 Z-12.5
N315 X-1.6
N316 X-2.307 Z-12.146
N317 G00 Z-9.146
N318 X50.693
N319 Z-12.146
N320 G01 X51.4 Z-12.5
N321 Z-15.45
N322 X-1.6
N323 X-2.307 Z-15.096
N324 G00 Z-12.096
N325 X50.693
N326 Z-15.096
N327 G01 X51.4 Z-15.45
N328 Z-18.4
N329 X-1.6
N330 X-2.307 Z-18.046
N331 G00 Z138.354
N332 X52.693
N333 G01 X53.4 Z138.
N334 Z-18.4
N335 X52.693 Z-18.754
N336 G00 Z140.6
N337 X508. Z127. M09
N338 M01

N339 (DNMG 431 80DEG SQR HOLDER)
N340 T0303

N341 B90.

N342 G00 G96 S548 M03

N343 ('8AB>2>9 B>@5F1)

N344 G54 G00 Z140.954 M08

N345 X59.693

N346 G01 X53.693 Z137.954 F.409

N347 X54.4 Z137.6

N348 Z-18.4

N349 X53.693 Z-18.754

N350 G00 Z140.6

N351 X508. Z127. M09

N352 M01

N353 (CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)

N354 T0101

N355 B90.

N356 G00 G96 S548 M03

N357 ('5@=>2002)

N358 G54 G00 Z141.354 M08

N359 X66.707

N360 G01 X60. Z138. F.409

N361 Z-18.4

N362 G00 X66.

N363 Z138.354

N364 X55.907

N365 G01 X55.2 Z138.

N366 Z94.5

N367 G03 X59. Z92.6 R1.9

N368 G01 Z57.6

N369 G03 X58.972 Z57.368 R1.9

N370 G01 X58. Z53.412

N371 Z-18.4

N372 G00 X75.

N373 Z140.6

N374 X55.2

N375 Z93.854

N376 X54.493

N377 G01 X55.2 Z93.5

N378 G03 X57. Z92.6 R.9

N379 G01 Z57.6

N380 G03 X56.987 Z57.49 R.9

N381 G01 X56. Z53.473

N382 Z-18.4

N383 X56.707 Z-18.754

N384 G00 X71.2

N385 X508. Z127. M09

N386 M01

N387 (3MM CUT-OFF BLADE)

N388 T0909

N389 B90.

N390 G00 G97 S2794 M04

N391 (-B@57=002)

N392 G54 G00 Z0 M08

N393 X78.

N394 G01 Z-3. F.091

N395 X60.

N396 G00 X66.

N397 G01 X54.

N398 G00 X60.
N399 G01 X48.
N400 G00 X54.
N401 G01 X42.
N402 G00 X48.
N403 G01 X36.
N404 G00 X42.
N405 G01 X30.
N406 G00 X36.
N407 G01 X24.
N408 G00 X30.
N409 G01 X18.
N410 G00 X24.
N411 G01 X12.
N412 G00 X18.
N413 G01 X6.
N414 G00 X12.
N415 G01 X0
N416 G00 X6.
N417 G01 X-.4
N418 G00 X56.
N419 Z141.
N420 X508. Z127. M09
N421 M30