

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ "ВАЛ 41.12"**

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-23м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

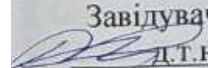
 Дудін Д.Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ
 Буренніков Ю.А.
(прізвище та ініціали)

« 10 » _____ 12 _____ 2024 р.

Опонент: д.т.н., проф. каф. АТМ
 Макаров В.А.
(прізвище та ініціали)

« 13 » _____ 12 _____ 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ
 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)
« 18 » _____ 12 _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

24 вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дудіну Данилу Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 41.12"

керівник роботи Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор

затверджені наказом ВНТУ від 17.09.2024 року № 310

2. Строк подання студентом роботи 17 грудня 2024 року

3 Вихідні дані до роботи: креслення деталі Вал 41.12
програма випуску 4200 шт

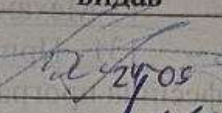
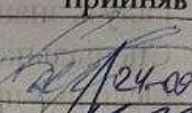
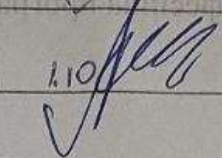
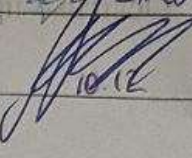
4. Зміст текстової частини:

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

5. Перелік ілюстративного матеріалу

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., проф. Буренніков Ю.А.		
Економічна частина	К.е.н., проф. Лесько О.Й.		

7. Дата видачі завдання 24 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	П.м.
1	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 25.10.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2024	
4	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2024	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2024	
7	Рубіжний контроль	до 25.11.2024	
8	Попередній захист МКР	до 02.12.2024	
9	Перевірка роботи плагіат	до 04.12.2024	
10	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2024	
11	Рецензування МКР	до 13.12.2024	
12	Захист МКР	до 25.12.2024	

Студент

(підпис)

Дудін Д.Є.

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., проф. Буренніков Ю.А.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374.415

Дудін Є. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 41.12". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2024. 127 с.

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

У магістерській кваліфікаційній роботі змодельовано процес обкочування трьохроликів пристосуванням, що дало можливість оцінити вплив технологічних факторів на якість отримуваної деталі. Результати досліджень використані при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі вал. Що дозволило знизити собівартість отримуваної деталі.

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.

Ключові слова: обкочування, поверхнева пластична деформація, ролик, маршрут механічної обробки, напруження.

ABSTRACT

Dudin E. Improvement of the technological process of mechanical processing of a workpiece of the type "Shaft 41.12". Master's qualification work in the specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Mechanical Engineering Technologies. Vinnytsia: VNTU, 2024. 127 p.

In Ukrainian. Bibliography: 34 titles; Fig.: 26; Table. 43.

In the master's qualification work, the rolling process with a three-roller device was simulated, which made it possible to assess the influence of technological factors on the quality of the resulting part. The results of the research were used in the design of the technological process of mechanical processing of the shaft part. Which allowed to reduce the cost of the resulting part.

In the technological part of the designed shaft workpiece, the mechanical processing route, a dimensional analysis was performed, which allowed to determine the technological dimensions. In addition, a setup map was built, which shows the tool movement trajectories and the machining section was designed.

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

Keywords: rolling, surface plastic deformation, roller, machining route, stress.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ВАЛІВ	7
1.1 Моделювання процесу обкочування в Deform 3D	7
1.2 Моделювання обкочування валу	10
1.2 Аналіз результатів моделювання	14
1.4 Вплив режимів обкочування на зміцнення сталей	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Визначення типу і форми організації роботи	21
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	27
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	31
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	42
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	43
2.6 Проектування маршруту механічної	46
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	48
2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	54
2.9 Визначення за нормативами режимів різання	60
2.10 Визначення технічних норм часу на операції	66
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ	69
3.1 Розробка завдання на пристосування	69
3.2 Аналіз похибки установки заготовки в пристосуванні	73
3.3 Розрахунок зусилля закріплення	74
3.4 Визначення сили закріплення	75
3.5 Аналіз точності пристосування	77
3.6 Розрахунок пристосування на міцність	80

3.7 Розробка конструктивної схеми пристосування	81
4 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ	82
4.1 Уточнення виробничої програми	82
4.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	84
4.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці	87
4.4 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху	90
4.5 Розробка плану розташування обладнання	91
4.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху	92
4.8 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатник; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.	94
5.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	96
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	96
5.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	97
5.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	98
5.4 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру	105
4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	105
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	112
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної кваліфікаційної роботи	115
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	116

ВСТУП

Актуальність. Удосконалення технологічних процесів у машинобудуванні здійснюється за рахунок створення нових високопродуктивних методів обробки деталей, до яких відноситься і поєднана обробка різанням та поверхневим пластичним деформуванням (ППД).

В даний час в інтер'єрі службових, житлових приміщень, а також в інших випадках як несучі та оздоблювально-декоративні елементи конструкцій все більш широкое застосування знаходять такі компоненти як довгомірні вали і трубки, до яких пред'являються високі вимоги до якості відстані зовнішньої поверхні, зокрема до шорсткості в межах $Ra = 0,16 \dots 0,32$ мкм. Довгомірні вали застосовуються і в багатьох інших галузях машинобудування. Виготовлення таких деталей, яким властива недостатня жорсткість і висока схильність до пружних деформацій під впливом зусилля обробки, пов'язана з певними технологічними труднощами. Зі збільшенням довжини обробки труднощі при забезпеченні високої продуктивності та необхідної якості різко зростають. Як наслідок цього з усіх циліндричних деталей різного призначення, що застосовуються в машинобудуванні, найбільш трудомісткими і складними в обробці є довгомірні вали та труби. Традиційно технологічний процес їх виготовлення будується на основі застосування абразивних методів обробки. У ряді випадків як чистова операція застосовуються методи поверхневого пластичного деформування. Для зменшення таких явищ, як віджимання заготівлі під впливом зусилля обробки, запобігання вібраціям застосовують схеми із замкнутими системами силового впливу, відомо, що значного підвищення продуктивності при досягненні високих показників та найменшої собівартості дозволяє досягти суміщена обробка різанням і ППД, що пояснюється концентрацією операцій і сталістю технологічних баз. При цьому точність форми та розмірів у порівнянні з роздільним точінням і обкатуванням підвищується в середньому на 50-70%, трудомісткість і технологічна собівартість в порівнянні з роздільним точінням і обкатуванням на 180%, а в порівнянні з роздільним шліфуванням та обкатуванням на 300-500%.

Великий внесок у дослідження поєднаної обробки різанням та ППД зробили

Г.М. Азаревич, Є.Г. Коновалов, А.М.Кузнєцов, В.М.Смелянський, П.С.Чистосердов, Ю.Г.Шпейдер та їх учні. Напрацьовані матеріали: дозволяють у багатьох випадках. Обґрунтовано та раціонально забезпечувати обробку нежорстких довгомірних валів з досягненням стабільної точності оброблюваної деталі по ІТ 6...8 при шорсткості поверхні $Ra=0,08...0,32$ МКМ для деталей з діаметром від 10 до 180 мм і довжиною до 6 метрів.

Однією із завдань, розв'язуваних при поєднаній обробці, є необхідність узгодження різних за своєю сутністю та продуктивністю технологічних процесів. Огляд літературних джерел показує, що реалізація комбінованої обробки розглядається зазвичай у технологічній системі токарного переходу, руху швидкості різання (прокатування) і подачі здійснюються окремо від відповідних вузлів верстата, Використання фрикційних властивостей обкатника, поряд з його безпосередньою функцією та обробці ППД, для забезпечення крутного моменту і подачі для процесу різання при їх поєднанні в літературі практично не зустрічається.

Обкатники, що використовуються при поєднаній обробці нежорстких валів, як правило, відносяться до сепараторного типу і мають всі властиві їм недоліки, серед яких: швидке зношування сепаратора і пов'язане з цим порушення орієнтації ролика, що веде до втрати ефекту самоподачі; значне знос опорного конуса і роликів, пов'язаний з їх точковим контактом через встановлення роликів на кут самоподачі.

Для підвищення продуктивності і стабільності суміщеної ріжучо-деформуючої обробки деталей класу нежорстких валів доцільно використовувати інструмент, що працює на ефекті самоподачі забезпечується обкатувачами, що володіють необхідними для цього характеристиками в числі яких висока стійкість і стабільність підтримки. Умови забезпечення суміщеної обробки різанням та ППД роликами з самоподачею, а також особливості конструкції установки для його реалізації, вимагають окремого вивчення у зв'язку з тим, що цей процес практично не досліджений,

Таким чином, розробка та дослідження способу поєднаної обробки різанням та ППД є актуальною, а її рішення відкриває широкі можливості щодо підвищення продуктивності, стабільності обробки, зниження собівартості .

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 процесу суміщеного обкочування;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 41.12»
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розробити програму для обробки деталі на обладнанні з ЧПК;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- 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 41.12».

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

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

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні техно-

логічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал» на базі використання сучасних способів механічної обробки та 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.

1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ВАЛІВ

1.1 Моделювання процесу обкочування в Deform 3D

Процес обкочування є одним із ключових у виробничих процесах, що забезпечує зміну форми матеріалу шляхом пластичної деформації. Використання спеціалізованих програм для моделювання, таких як Deform 3D, дозволяє зменшити витрати на фізичні експерименти, підвищити точність розрахунків і вдосконалити процеси виготовлення деталей. У цьому рефераті розглядається застосування програми Deform 3D для моделювання процесу обкочування, її можливості та переваги.

Обкочування – це процес пластичної деформації, що використовується для формування заготовок або деталей шляхом прикладення сил через спеціальні валики або ролики.

Deform 3D – це спеціалізована програма для аналізу та моделювання процесів пластичної деформації.

Основні можливості програми:

- Моделювання процесів гарячої, холодної й теплової обробки металів.
- Аналіз напружень, деформацій і температурних змін у заготовках.
- Оцінка зношування інструментів.
- Прогнозування дефектів у готових виробах.

Переваги використання Deform 3D:

- Зменшення витрат часу на проєктування.
- Можливість точного налаштування параметрів для кожного виробничого процесу.
- Висока точність результатів.

Процес виконується у такій послідовності:

Створення моделі заготовки та інструменту

Моделювання починається зі створення геометричних моделей заготовки та інструментів, які використовуються для обкочування. Це можуть бути ролики, валики чи інші деформувальні елементи. На рисунку 1.1 показано візуалізацію, яка демонструє

результати моделювання процесу обкочування у програмі Deform 3D. Вона включає модель заготовки, ролики і розподіл напружень, відображений у вигляді теплової карти.



Рисунок 1.1 - візуалізація, яка демонструє результати моделювання процесу обкочування у програмі Deform 3D.

Задання властивостей матеріалів. На основі бази даних Deform 3D вибираються фізико-механічні властивості матеріалу заготовки (пружність, пластичність, температура плавлення тощо).

Налаштування параметрів процесу: швидкість обертання роликів, температура заготовки та інструменту, сила деформації.

Виконання симуляції. Після введення всіх параметрів запускається симуляція. Deform 3D дозволяє візуалізувати процес обкочування в реальному часі, що дає змогу детально аналізувати напруження, температуру й деформацію.

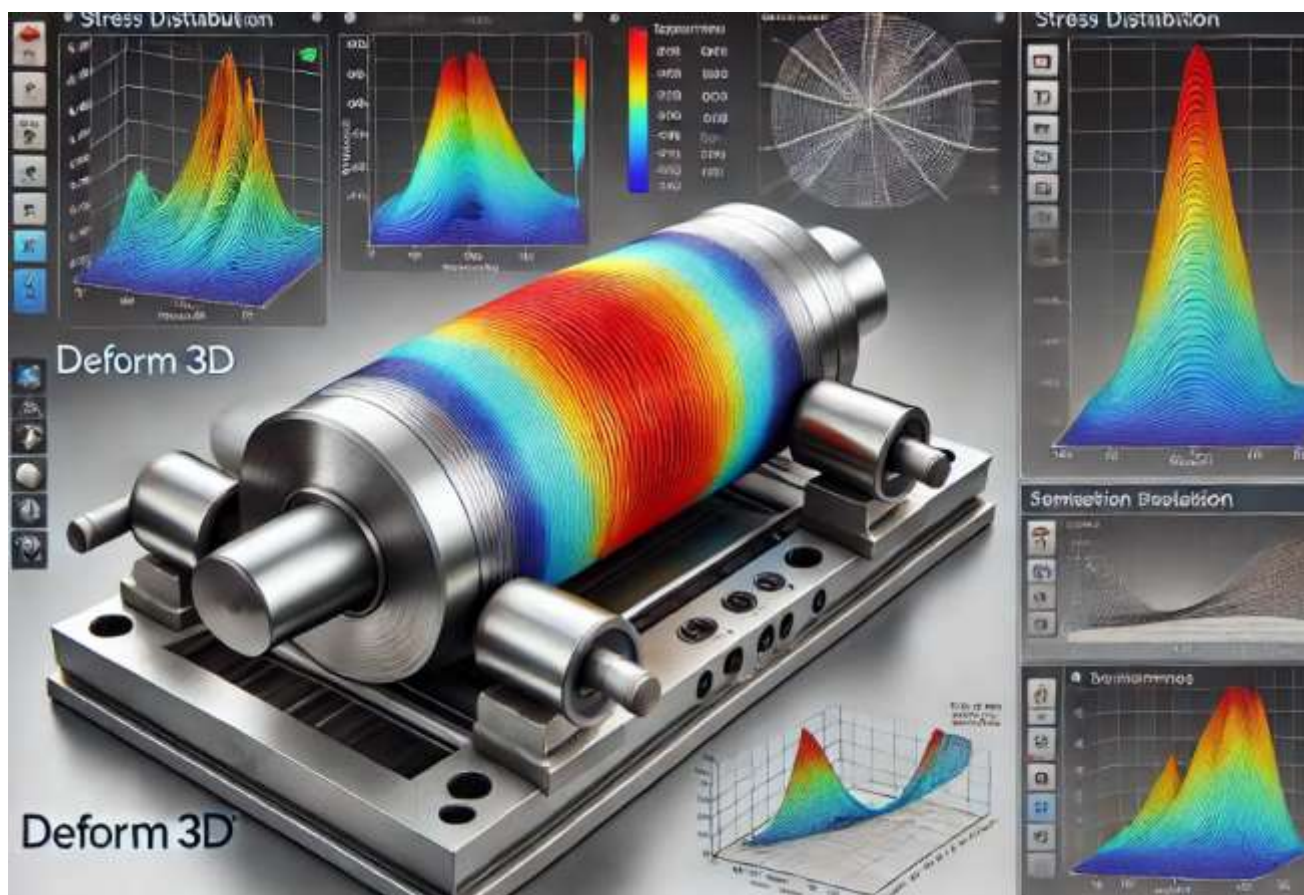


Рисунок 1.2 - Результати моделювання процесу обкочування в програмі Deform 3D

Аналіз отриманих даних, програма формує звіт, який містить:

- Розподіл напружень у заготовці.
- Температурне поле.
- Геометричні параметри готової деталі.

Переваги моделювання процесу обкочування в Deform 3D

1. Економія ресурсів. Завдяки комп'ютерній симуляції відсутня потреба у виготовленні великої кількості прототипів.
2. Підвищення якості. Програма дозволяє прогнозувати дефекти та оптимізувати параметри виробничого процесу.
3. Зменшення ризиків. Застосування Deform 3D допомагає виявити потенційні проблеми до запуску реального виробництва.
4. Гнучкість. Програма може працювати з широким спектром матеріалів і умов виробництва.

Моделювання процесу обкочування в Deform 3D відкриває нові можливості для оптимізації виробничих процесів. Програма дозволяє значно скоротити час і витрати на проєктування, підвищити якість готових виробів і мінімізувати ризики появи дефектів. Незважаючи на високі вимоги до апаратного забезпечення та кваліфікації користувача, Deform 3D є незамінним інструментом для сучасних інженерів і виробничих підприємств.

1.2 Моделювання обкочування валу

З ціллю аналізу напружено-деформованого стану в процесі обкочуванням виконувалось моделювання в програмі Deform 3D.

Для створення моделі процесу роликового обкочування виконуємо наступні кроки в даній програмі.

Спочатку в програмі Deform 3D вибираємо папку (1), в якій будемо створювати базу даних моделі, що відображається у вікні (2). Потім нажимаємо на «DEFORM 3D препроцесор», як показано на рис. 1.3. (позиція 3)

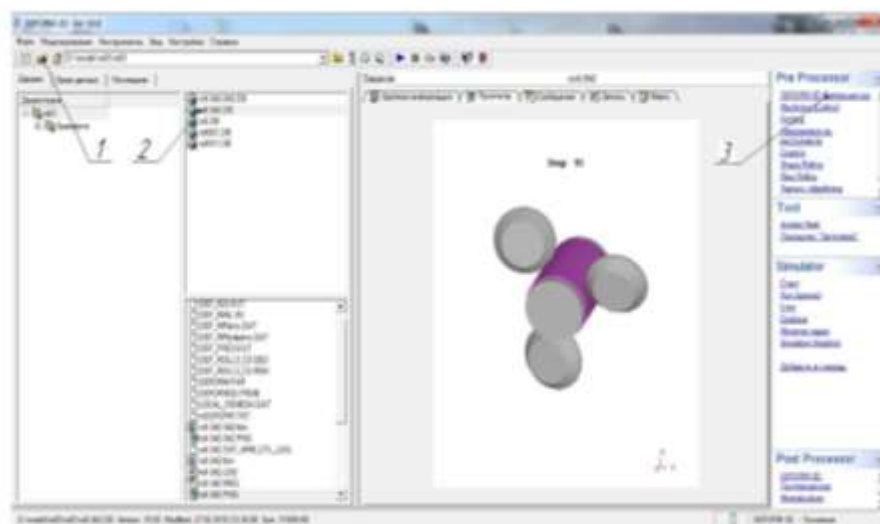


Рисунок 1.3 - Стартове вікно програми Deform 3D

В препроцесорі спочатку для кожного об'єкту в дереві моделі (3) імпо-

ртуємо 3D моделі інструментів (роликів та оправки) та деталі-заготовки вибираючи в меню «Геометрия» «Импорт геометрии»

Далі відкривається вікно, в якому вказуємо адреси файлів 3D моделей інструментів та заготовки.

Для того, щоб задати рух інструментів їх необхідно вибрати в дереві моделі, потім в меню вибираємо «Движение» де розміщено дві вкладки «Перемещение» та «Вращение».

За допомогою цих вкладок можна задати будь який рух інструменту чи заготовки. У випадку моделювання роликового обкочування необхідно для кожного ролика задати на етапі втискування роликів у вкладці «Перемещение» швидкість втискування роликів та вибрати вісь координатної системи, відносно якої будуть переміщуватись ролики. На етапі обкочування необхідно для оправки та роликів у вкладці «Вращение» задати значення кутових швидкостей обертання відносно вибраних осей координат, крім цього для роликів необхідно задати переміщення вздовж вісі труби, що можна зробити на вкладці «Перемещение».

Щоб провести розрахунок в програмі необхідно заготовку розбити на кладові –скінчені елементи. Зробити це можна за допомогою меню «Сетка». На вкладці «Настройки» можна задати розміри скінчених елементів (тетраедрів). Після чого створити сітку скінчених елементів натиснувши спочатку на кнопку «Поверхностная сетка», а після створення поверхневої сітки, натиснувши на кнопку «Объемная сетка» отримаємо заготовку у вигляді сітки скінчених елементів. Крім цього в програмі можна зробити місцеве згущення сітки за допомогою вкладки «Окна плотности», що дозволить підвищити точність та швидкість розрахунку. В меню «Bdry. Cnd.» можна задати величину тиску при моделюванні роликового обкочування з використанням внутрішнього протитиску.

В меню «Общее» можна вибрати тип об'єкту, температуру об'єкта (кожного інструмента та заготовки) та матеріал об'єкта.

Для встановлення параметрів розрахунку необхідно натиснути на іконку.

Для позиціонування інструментів відносно заготовки можна скористатись вбудованими можливостями програми Deform 3d натиснувши на іконку . Після чого відкриється вікно з різними методами позиціонування. Щоб задати зв'язки між об'єктами необхідно натиснути на іконку. Відкриється вікно «Взаимодействие объектов», в якому автоматично буде показано зв'язки двох об'єктів, що мають спільний контакт. Зв'язки в Deform визначаються у відношенні головний визначаються як головні об'єкти, а деформуєма заготовка як підлеглий об'єкт. Для кожного зв'язка може бути визначений ряд властивостей (коефіцієнт тертя і коефіцієнт теплопередачі) вибравши зв'язок та натиснувши на кнопку «Изменить». Для того, щоб створити контактні поверхні між двома контактуючими об'єктами необхідно спочатку визначити похибку контакту натиснувши на кнопку , а потім на «Generate» (рис. 1.2). Після створення контактних поверхонь закриваємо дане вікно нажавши кнопку Ок.

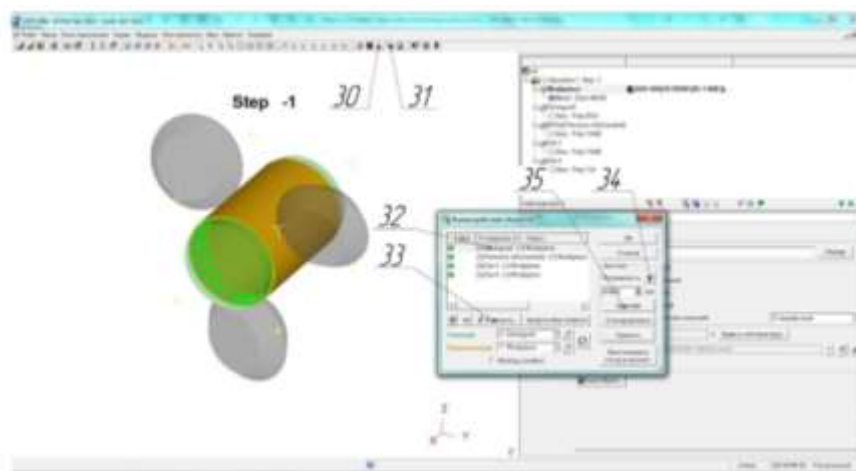


Рисунок 1.4 – Створення контактних поверхонь

Для створення бази даних моделі натискаємо на іконку, клікаємо на кнопки «Проверить», «Сгенерировать». Цим ми перевіряємо на можливість створення бази даних, а за допомогою кнопки «Сгенерировать» її створюємо. Після цього тиснемо ОК. Для запуску процесу розрахунку створеної моделі необхідно вийти із препроцесора і в основній програмі виділивши створену базу у вікні директорії тиснемо на кнопку старт в списку Simulator. Після цього починається розрахунок

створеної моделі процесу в програмі.

Вивід даних з програми.

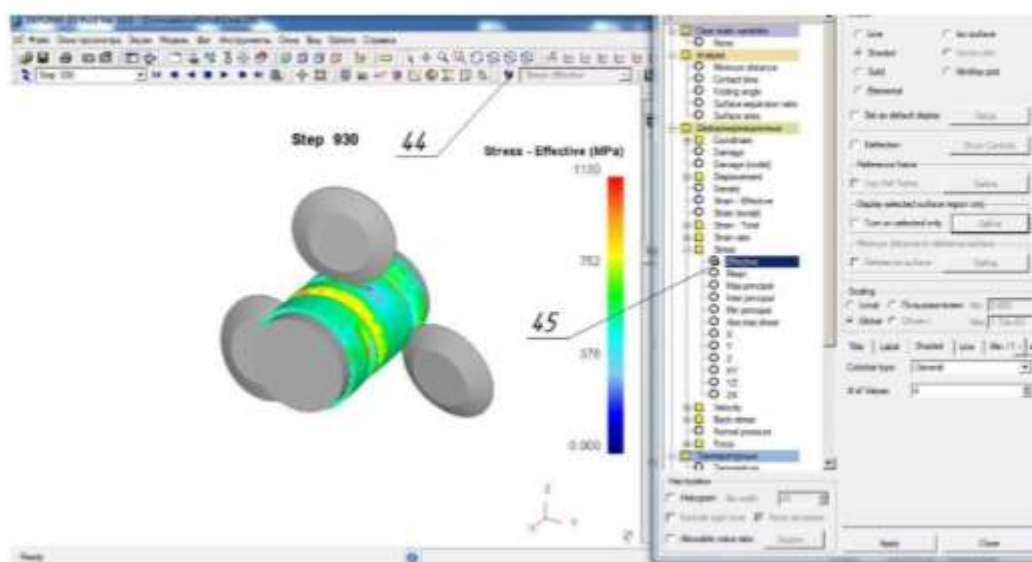
Після закінчення розрахунку програми, можна вивести всі потрібні нам характеристики напружено-деформованого стану процесу роликового обкочування. Для цього потрібно:

1. Вибрати нашу базу даних у вікні директорії, та натиснути на «DEFORM-3D Постпроцесор»

2. У вікні DEFORM-3D Постпроцесор можна переглянути результати розрахунку моделі та вибрати потрібний крок розрахунку для аналізу моделі процесу. Вибрати потрібний крок можна за допомогою панелі Steptools Натиснувши на кнопку можна відкрити вікно вибору точок на zdeформований заготовці для аналізу напружено-деформованого стану в даних точках. За допомогою кнопки «Разрез» можна зробити розріз в будь-якій площині під будь яким кутом.

Для аналізу напружено-деформованого стану заготовки необхідно натиснути кнопку «Параметры» (44) (рис. 1.3) та вибрати у відкритому вікні потрібні нам характеристики напружено-деформованого стану.

Stress Effective (45).



.Рисунок 1.5 - Розподіл інтенсивності напружень в заготовці

Таким чином змодельований процес обкочування багатороликовим пристосуванням дозволяє отримати інформацію про напружено-деформований стан у будь який момент

1.3 Аналіз результатів моделювання

Аналіз результатів виконаних досліджень дає підставу зробити висновок про те, що зі збільшенням тривалості обробки розміри блоків зменшуються, а щільність дислокацій і величина внутрішніх напружень збільшуються. Однак при цьому зростає мікротвердість матеріалу поверхневого шару й виникає небезпека в його перенаклепу і відшаровування.

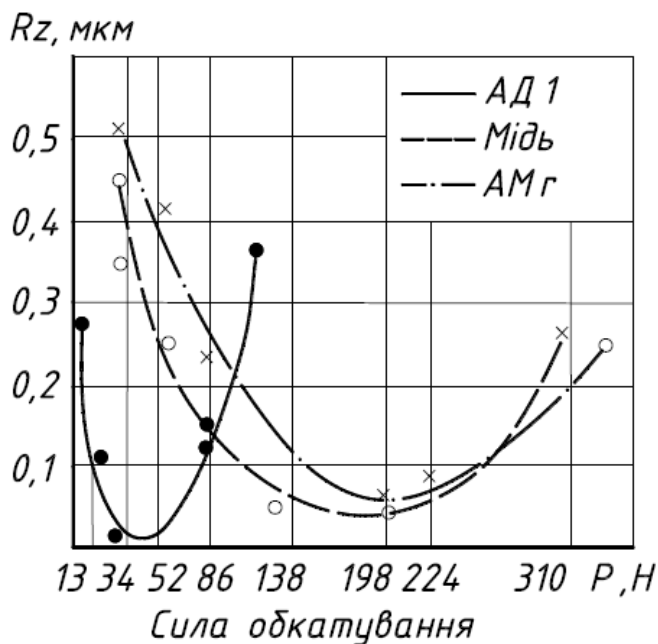


Рисунок 1.6 - Залежність шорсткості обкатаної поверхні від сили обкочування великого діаметра

При відпрацьовуванні режиму обкочування особливо ретельно слід установити силу обкочування, тому що збільшення сили до значення більшого, ніж критичне, для даного матеріалу призводить до перенаклепу, руйнування поверхневого шару металу і, як наслідок, - до збільшення параметра шорсткості поверхні (рис. 1.6).

На рис. 1.7 показано вплив технологічних факторів, властивостей матеріалу та вихідної шорсткості на шорсткість оброблених поверхонь. Обкатка проводилася кулькою діаметром 10 мм. Із збільшенням питомої тиску нерівності знижуються. Особливо різке зниження відбувається при тисках до 1000-1400 МПа.

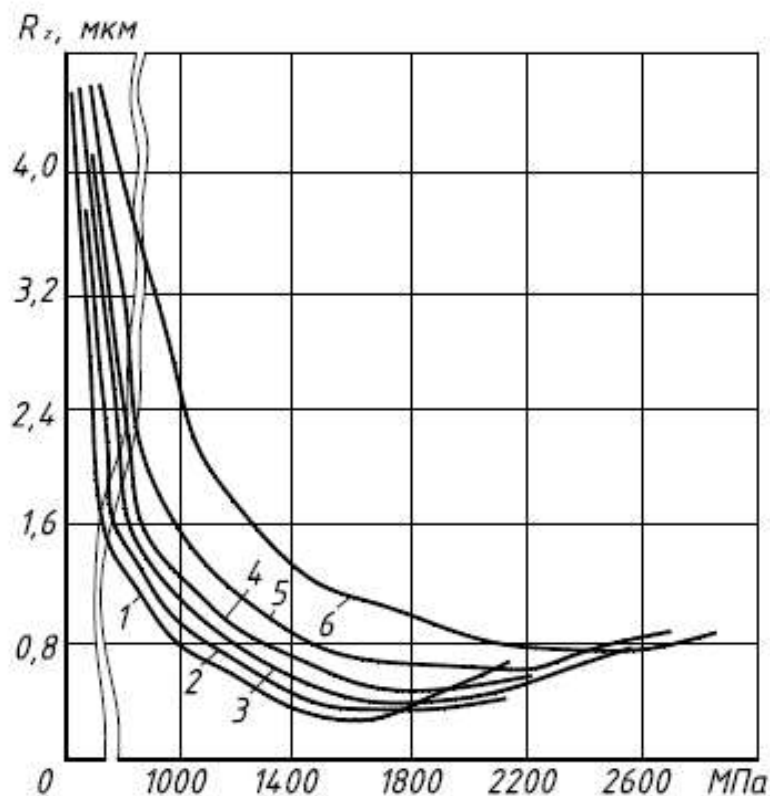


Рисунок 1.7 - Залежність шорсткості від тиску при обкатці і матеріалу заготовки: 1 - сталь 20; 2 - сталь ШХ15; 3 - сталь 45; 4 - сталь 20ХН3А; 5 - сталь У8; 6 - сталь 18ХГТ

Великою перевагою обкатки кулькою є можливість отримання простим і економічним способом високого класу чистоти оброблених поверхонь. Таким чином, зменшення шорсткості відбувається в розглянутих випадках на чотири-п'ять класів.

Зміна подачі і розмірів деформуючого інструменту може в значній мірі зменшити або збільшити шорсткість обробленої поверхні. Отже, зміною зазначених параметрів можна регулювати шорсткість поверхні.

1.4 Вплив режимів обкочування на зміцнення сталей

При обкатці необхідне зміцнення при заданому контактному тиску, мабуть, досягається при певному числі повторних деформацій. Якщо число деформацій менше необхідного, то для отримання такого ж приросту твердості необхідно знизити подачу або застосувати додаткові проходи. У тих випадках, коли змінювати подачу і число проходів недоцільно, має бути підвищений тиск. Сказане підтверджується даними П.С. Дяченко та З.П. Грозінській [20]. У їх дослідях одна і та ж поверхнева твердість (HV 310) у зразків зі сталі 45 була досягнута при обкатці кулькою з силою 2200 Н при подачі 0,06 мм/об і з силою 3000 Н при подачі 0,24 мм/об. Таким чином, повторними проходами може бути вище на ступінь зміцнення, але не глибина. Ретельно проведені експерименти дозволили встановити, що повторні проходи з постійною силою $P_{\text{и}} = 2000$ Н не змінили глибини наклепаного шару (див. рис. 1.9).

На підставі розглянутих даних слід рекомендувати обкатку в один прохід. Тільки при тисках значно нижче оптимальних доцільно застосовувати два-три проходи. У ряді випадків для отримання необхідного ступеня зміцнення за один прохід необхідно зменшувати подачу.

Зміна швидкості обкатки від низьких значень до 200 м/хв не робить істотного впливу на збільшення поверхневої твердості. Тому поширена думка, що ефективність зміцнення не залежить від швидкості. Експерименти автора підтвердили, що при збільшенні швидкості з 12 до 180 м/хв приріст твердості у сталі 45, обкатою кулькою діаметром 10 мм з тиском 2250 МПа, виявився незначним (рис. 2.5). Тим не менше слід все ж відзначити тенденцію до її зростання при одночасному, то ж не так значному, зниженні глибини зміцненого

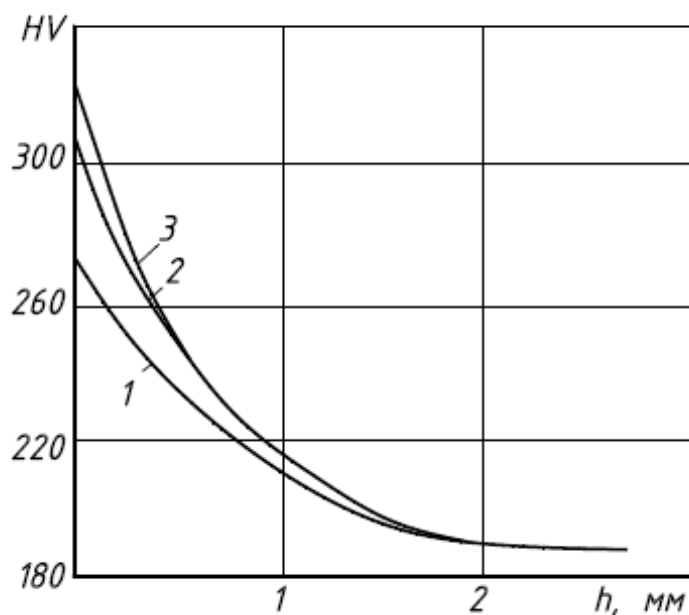


Рисунок 1.8 - Вплив числа проходів на глибину наклепа: 1 - один прохід; 2- три проходи; 3 - шість проходів; h - відстань від поверхні

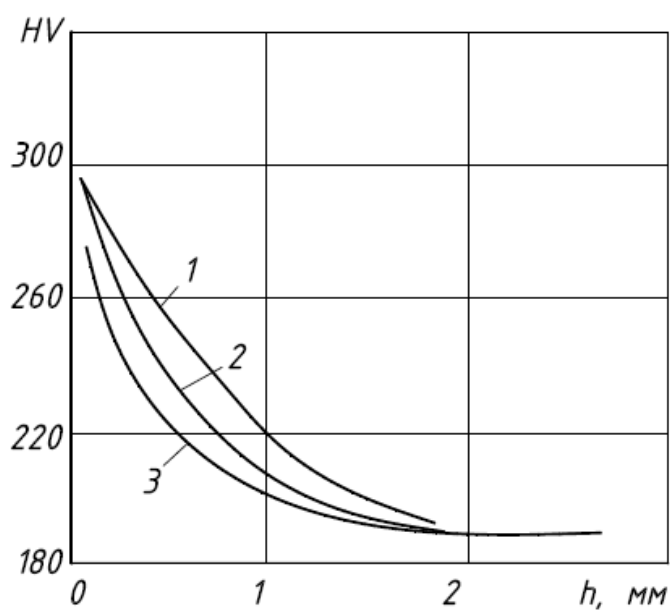


Рисунок 1.9 - Вплив швидкості на зміцнення при обкатці зразків зі сталі 45: 1 - $u = 12$ м/хв; 2 - $u = 50$ м/хв; 3 - $u = 180$ м/хв; h - відстань від поверхні

Зміна поверхневої твердості в результаті обкатки загартованих сталей добре виявляється і методом вдавлювання алмазного конуса (випробування за Роквеллом). Наприклад, після обкатки зразків зі сталі 14X2H3MA їх твердість зростає з HRC 57-60 до HRC 61-64.

При обкатці загартованих сталей кулькою діаметром 5-10 мм зміна подачі від 0,06 до 0,12 мм/об практично не впливає на поверхневій твердості. Однак подальше збільшення подачі знижує твердість і тим більше, чим менше тиск (рис. 1.10). Особливо різко знизилася твердість при подачі $s = 0,3$ мм/об. Подібна картина відзначена для всіх досліджених загартованих сталей. Обробка з великими подачами, крім того, викликає розкид твердості більш значний, ніж у незагартованих сталей. Зі збільшенням діаметра кульки до 15-25 мм і незмінному контактному тиску обкатку можна проводити з подачею 0,15-0,20 мм/об, не побоюючись помітного зниження поверхневої твердості, так як в цьому випадку збільшується обсяг осередку деформації.

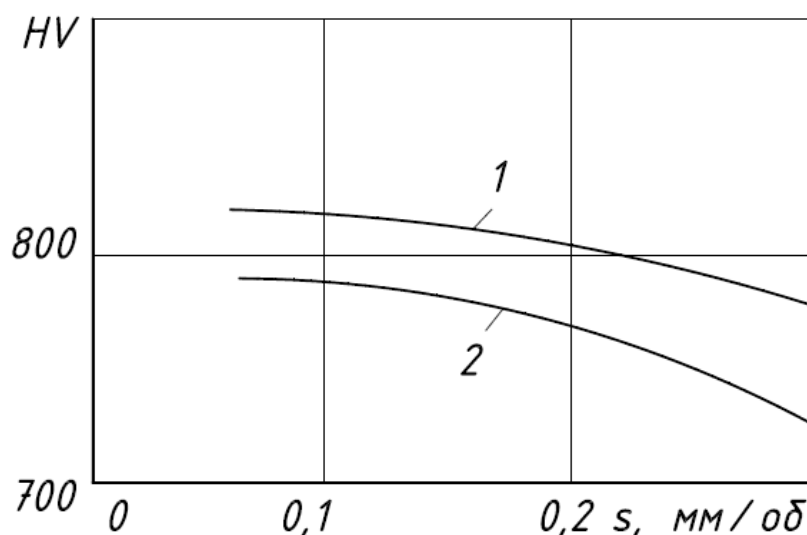


Рисунок 1.10 - Вплив подачі на поверхню твердість зразків із загартованої сталі ШХ15, оброблених при тиску: 2800 МПа (крива 1) і 2200 МПа (крива 2)

Експериментальні дані приводять до висновку про більш сильному впливі подачі при обкатці загартованих сталей в порівнянні з м'якими. Пояснюється це їх різними фізико-механічними властивостями. Природно, що зі зменшенням осередку деформації вплив подачі проявляється більш різко.

При оптимальному тиску повторні проходи незначно підвищують поверхню твердість. Тому обкатку в два-три проходи доцільно проводити при тисках

нижче оптимального, так як тільки в цьому випадку відбувається помітний приріст твердості. Наприклад, якщо при обкатці зразків із сталі ШХ15 (HRC 62) при тиску 2800 МПа другий прохід дуже мало вплинув на зміцнення (рис. 2.7, крива 1), то при тиску 1900 МПа в результаті другого і третього проходів твердість істотно підвищилася (крива 2).

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепа і в цьому випадку визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою і властивостями матеріалу.

При обкатці зразків із сталі ШХ15 (HRC 62) зміна тиску від 1500 до 3000 МПа збільшило товщину зміцненого шару з 0,3 до 1,3 мм (рис. 2.8). У зразках зі сталі 14Х2Н3МА (HRC 59) глибина проникнення пластичної деформації виявилася дещо більше, ніж у попередньому випадку. При тиску 1500 МПа вона становила 0,5 мм, а при тиску 2800 МПа - 1,3 мм, тобто виявилася рівною товщині наклепу, повчання в сталі ШХ15 при тиску 3000 МПа.

Зазначені основні параметри зміцнюючого шару обкатаного кульками показали, що обкочування кульками є перспективним способом підвищення надійності і довговічності деталей сільськогосподарської техніки.

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепу визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою і властивостями матеріалу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

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

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Вал” і занесені до таблиці 1.1, це точіння поверхонь $\varnothing 20_{к6}$, $\varnothing 25_{u7}$ та $\varnothing 20_{к6}$, $\varnothing 36$. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад для точіння поверхні $\varnothing 20_{к6}$ на довжину 13мм (попереднє та остаточне точіння):

$$T_{осн} = 0,18 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 20 \cdot 0,001 = 0,0936 \text{ (хв)}$$

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

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

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

Для точіння поверхні $\varnothing 20$ к6 отримаємо:

$$T_{шт-к}=0,0936 \cdot 1,98=0,19 \text{ (хв.)}$$

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

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

де $N=6400$ шт. – річна програма випуску деталі “Вал”;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни ($F_d = 3890$ год);

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

Відповідно необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1}=6400 \cdot (0,19+0,1+0,9+0,5)/60 \cdot 3890 \cdot 0,75=0,06$$

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

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При точінні поверхні $\varnothing 20_{k6}$ він рівен 0,062.

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

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

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

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

Наприклад, при розточуванні отвору $\varnothing 120$ отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,062 = 12,17$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 25_{u7}$ та довжиною 25 мм і поверхні $\varnothing 20_{k6}$ довжиною 14 мм:

$$T_{очн} = 0,18 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 0,001 = 0,225 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к} = 0,225 \cdot 1,98 = 0,45 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн} = 0,2 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 0,001 = 0,125 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к} = 0,125 \cdot 1,98 = 0,25 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн} = 0,18 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 14 \cdot 0,001 = 0,1 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к} = 0,1 \cdot 1,98 = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн} = 0,2 \cdot 20 \cdot 14 \cdot 0,001 = 0,056 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к} = 0,056 \cdot 1,98 = 0,11 \text{ (хв.)};$$

$$C_{p1} = 6400 \cdot (0,45 + 0,25 + 0,2 + 0,11) / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,04;$$

$$O_1 = 0,75 / 0,04 = 20,44.$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$

$$\sum O_i = 12,17 + 20,44 = 32,61$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 2$

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

$$K_{з.о.}=32,61/2=16,31$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст техно- логічних опе- рацій	Т _{осн} , хв	Т _{шт} , хв	N	Ф д	С _р	Р	h з.н.	h з.ф.	О	Кз.о		
1.	Точіння попере- дне Ø20к6 двічі	0,09	0,19	6400	3890	0,06	1	0,75	0,062	12,17	16,31		
2.	Точіння остато- чне Ø20к6	0,052	0,1										
3	Точіння попере- дне Ø36 двічі	0,453	0,9										
4	Точіння остато- чне Ø36	0,252	0,5										
5	Точіння попере- дне Ø25u7 двічі	0,225	0,45			0,04	1		0,037	20,44			
6	Точіння остато- чне Ø25u7	0,125	0,25										
7	Точіння попере- дне Ø20к6 двічі	0,1	0,2										
8	Точіння остато- чне Ø20к6	0,056	0,11										
	Всього		2,69				2			32,61			

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

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

$$N_{\partial} = \frac{N}{254}, \text{ [шт]} \quad (2.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

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

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

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-\kappa_i} = (0,19+0,1+0,9+0,5+0,45+0,25+0,2+0,11)/8=0,34 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{0,34 \cdot 0,8} = 2266 \text{ (шт)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{6400}{254} = 25.2 \text{ (шт)}$$

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

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

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

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

$$n = \frac{6400 \cdot 12}{254} = 302,36$$

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

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

$$c = \frac{0,34 \cdot 302}{476 \cdot 0,75} = 0,27$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{\text{шт-к.ср}}} \text{ [шт]} \quad (1.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,34} = 1133 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 133 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 1133 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь вал є складовою редуктора. Вал є ступінчастим і містить цілий ряд точних поверхонь. Багато вимог до форми поверхні і їх взаємного розташування, зокрема всі циліндричні поверхні мають бути співвісні. Зображення деталі наведено на рисунку 2.11.

Виготовляється вал із сталі 40Х і піддається термічній обробці. Оскільки даний матеріал має погані ливарні властивості, то заготовка деталі буде отримуватися штампуванням або із прокату (що може бути більш доцільно враховуючи малі перепади діаметрів).

В цілому до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори, виконані в тоорці деталі. Оскільки при їх свердлінні затруднений вивід стружки, що призводить до нагрівання інструменту, з тих же причин до нетехнологічних елементів відноситься паз під шпонку. Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції. А поверхні з підвищеними вимогами точності мають отримуватися на шліфувальних верстатах, або верстатах з підвищеними вимогами точності.

Деталь відноситься до типу тіл обертання, тому для обробки її поверхонь доцільно застосувати високопродуктивні методи обробки, такі як токарна, фрезерна та свердлильна механічні обробки.

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

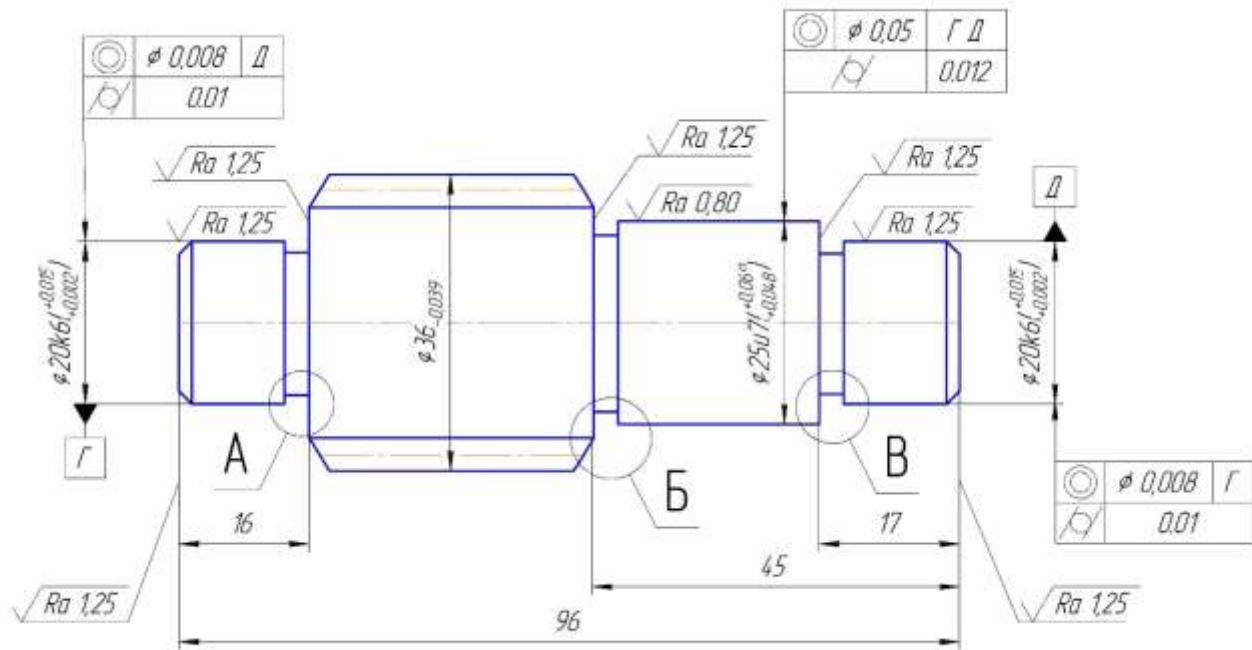


Рисунок 2.1 – Вал

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

В якості базових поверхонь можуть використовуватись розвинені зовнішні діаметральні поверхні, але доцільно використати і штучні технологічні бази – центровочні отвори, які в подальшому полегшать механічну обробку.

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою трьох кількісних показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e,$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = (8+10+5+8)/(9+10+5+8) = 0,97 > 0,6.$$

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
16*	Ø20*	45(5 пов)*	0,8(1пов)*	-
17*	Ø36*		1,25(7пов)*	
45*	Ø25*			
96	Ø20*			
1(2 пов)*	R0,5(3 пов)*			
3(3 пов)*	R1(3 пов)*			
$\Sigma_{\text{заг.}} = 9$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 10$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 5$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 8$	$\Sigma_{\text{заг.}} = -$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 8$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 10$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 5$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 8$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = -$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 / \text{Ш}_{\text{ср}} ;$$

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{n_i} \quad [\text{мкм}]$$

де Ш_i – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю Ш_i . Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.3- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	1 (Ø25)	$0,8 \cdot 1 = 0,8$
1,25	7 (Ø20-2 пов., 17, 45,	$1,25 \cdot 7 = 8,75$

	16, 96-2 пов)	
6,3	11	$6,3 \cdot 11 = 69,3$
Всього:	19	78,85

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 78,85 / 19 = 4,15 \text{ (мкм)}$$

$$K_{ш} = 1 / 4,15 = 0,24 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.11)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.12)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i . Дані для розрахунку наведено в таблиці

2.3.

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 215 / 19 = 11,32$$

$$K_T = 1 - 1 / 11,32 = 0,91$$

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
6	2 ($\varnothing 20_{k6-2}$ пов)	$6 \cdot 2 = 12$
7	1 ($\varnothing 25$)	$7 \cdot 1 = 7$

8	1 (Ø36)	$8 \cdot 1 = 8$
10	4 (96-2 пов)	$10 \cdot 4 = 40$
12	3 (17, 45, 16)	$12 \cdot 3 = 36$
14	8	$14 \cdot 8 = 112$
Всього	19	215

За даним показником деталь є також технологічною.

Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 40Х, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30 мм.

Більшість поверхонь деталі мають 14 квалітет точності, тому доцільно обрати метод виготовлення заготовки, що забезпечує дану ступінь точності, це дозволить мінімізувати механічну обробку заготовки. Використовувати штампування на молотах недоцільно, так як даний метод є малопродуктивним і отримувати заготовки мають низьку точність (13...17 квалітет точності та шорсткість 320...40 мкм), крім того процес важко механізувати та автоматизувати, а умови праці важкі. При штампуванні на кривошипних гарячештампувальних пресах продуктивність значно вища, вища також точність заготовок і відповідно вищий коефіцієнт використання матеріалу, відсутні ударні навантаження, кращі умови праці, але вища вартість обладнання, необхідність в додаткових проміжних операціях, зокрема нагрівання металу. Проміжне положення між двома вище вказаними способами отримання заготовки займає штампування на гвинтових пресах. В даному випадку заготовки мають достатню точність – 13-15 квалітет, пристосування є тихохідне і досить легко процес можна механізувати та автоматизувати. При використанні гідравлічних пресів отримуються заготовки високої точності, але стійкість штампів низька, необхідність в охолодженні штампів і як наслідок

висока собівартість заготовок. Тобто використовуючи для отримання заготовки штампування на гідравлічних пресах ми можемо отримати отвір, тобто матимемо досить високий коефіцієнт використання матеріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним. Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки деталь містить цілий ряд отворів, які не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

- 1) штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП);
- 2) прокат.

При цьому штампування на КГШП може бути у відкритих або закритих штампах, або в штампах для витискування.

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що у зазор між верхньою і нижньою частинами штампа (що є змінним) впливає надлишок металу, що утворює облой. Останній є небажаним відходом.

При штампуванні в штампах для витискування поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

Штампування в закритих штампах відрізняються тим, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємне переміщення і в процесі деформування металу залишається постійним. Відсутність облою у закритих штампах зменшує витрату металу, виключає необхідність в обрізанні облою. Цей тип штампів застосовується для порівняно простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних заготовок з каліброваного прокату чи попередньо оброблених, що можливо в даному випадку. Тому буде використовуватися штампування в закритих штампах.

Штампування на КГШП може бути у відкритих або закритих штампах, або в штампах для витискування.

Штапування у відкритих штампах характеризуються тим, що у зазор між верхньою і нижньою частинами штампа (що є змінним) впливає надлишок металу, що утворює облой. Останній є небажаним відходом.

При штапуванні в штампах для витискування поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штапування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

Штапування в закритих штампах відрізняються тим, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємне переміщення і в процесі деформування металу залишається постійним. Відсутність облою у закритих штампах зменшує витрату металу, виключає необхідність в обрізанні облою. Цей тип штампів застосовується для порівняно простих деталей, в основному тіл обертання, і вимагає використання точних заготовок з каліброваного прокату чи попередньо оброблених, що можливо в даному випадку. Тому буде використовуватися штапування в закритих штампах.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Згідно ГОСТ 7505-89 на КГШП при штапуванні в закритих штампах отримуються заготовки Т2-Т3 класу точності, для серійного типу виробництва приймаємо 3 клас точності (Т3).

Деталь виготовляється із Сталі 40Х, що відповідно містить 0,45% вуглецю, тобто даний матеріал відноситься до другої групи (М2).

Таблиця 2.5 - Розрахунок розмірів штапованої заготовки

Вхідні дані	Штаповка на КГШП (закриті штампи)
Клас точності	Т3
Марка матеріалу	М2
Ступінь складності	С2
Індекс	10

Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П						
Припуски Додаткові: На зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,3						
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності	0,4						
Радіуси заокруглень	2,5						
Основні припуски	Розрахункові розміри, мм						
	Ø36	Ø25	Ø20	16	45	96	17
	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,2	1,4
Розміри заготовки	40,2	29,2	24,4	16	45	98,4	17
Допуски: розмірів	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	2,2 +1.4 -0,8	1,4 +0,9 -0,5
По величині зміщення роз'ємну штампа	0,6						
По вигнутості від площинності і прямолінійності	0,5						
Радіусів заокруглень	0,5						
Допустима величина заусе- нця	5,0						

Вал вписується у циліндр, маса якого складатиме:

Для того, щоб визначити ступінь складності вилівка, що є одною із конструктивних характеристик форми поковок, необхідно попередньо обчислити масу штамповки. Скористаємося формулою для орієнтовного розрахунку[4]:

$$M_{п.р.}=M_{д} \cdot K_p, \text{ [кг]}$$

де $M_{п.р.}$ – розрахункова маса поковки; $M_{д}$ – маса деталі; K_p – розрахунковий коефіцієнт, що для деталі даної конфігурації рівен (1,3-1,6) 1,3 [1].

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.}=0,41 \cdot 1,3=0,533 \text{ (кг)}$$

$$M=36^2 \cdot 3,14 \cdot 96 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05^3 = 3,6 \text{ (кг)}$$

Відношення маси заготовки до маси фігури, в яку вона вписується:

$$1,82/3,6=0,505$$

Отже згідно із ГОСТ 7505-89 поковка матиме 2 ступінь складності (С2).

Роз'єм встановлюється в площині найбільших габаритних розмірів. В цьому випадкові полості штампа є неглибокими, полегшується їх заповнення, зменшуються напуски. З врахуванням наведеного вище обрано площину роз'єму штампа, що є плоскою.

Згідно [1] вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме –10 при штампуванні на КГШП.

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні. Основний припуск на механічну обробку поковок визначається в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі для кожного розрахункового розміра. Наприклад для Ø36 згідно [1] він складає 1,5 мм при вихідному індексі 10 і шорсткості 0,8 мкм (в межах до 1,25 мкм). Аналогічно визначається припуск на інші поверхні, результати занесено до таблиці 4.

Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4]. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (Т3) та найбільшого розміру заготовки (96 мм) в даному випадкові складає 0,4 мм відповідно.

З врахуванням прийнятих припусків при штампуванні на КГШП:

$$\text{Ø}36+(1,5+0,3+0,3) \cdot 2 = \text{Ø } 40,2 \text{ мм};$$

$$\text{Ø } 25+(1,5+0,3+0,3) \cdot 2 = \text{Ø } 29,2 \text{ мм};$$

$$\text{Ø } 20+(1,6+0,3+0,3) \cdot 2 = \text{Ø } 24,4 \text{ мм};$$

$$96+(1,8+0,3+0,3) \cdot 2 = 98,4 \text{ мм};$$

$$16+1,5-1,5=16 \text{ мм};$$

$$45+1,5-1,5=45 \text{ мм};$$

$$17+1,5-1,5=17 \text{ мм}$$

Допустимі відхилення лінійних розмірів поковок призначаються в залежності від вихідного індекса і розмірів поковки за [1]. Отримані дані заносимо до таблиці

Допустиме відхилення по вигнутості від площинності і прямолінійності для плоских поверхонь складає 0,5 мм при виготовленні заготовки на КГШП. Дана величина не враховує перепади по висоті чи ширині поковки.

Оскільки, одним із варіантів обрано заготовку із прокату, то за довідником обрано прокат із сталі 40Х.

Розраховуємо граничні розміри заготовки:

$$+ 2 \cdot 2 = 40 \text{ мм.}$$

Н

а Лінійний розмір 96 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

б

л мм.

и

ж Отже, з гостованого 1500х Ø 40 мм прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату 106х Ø 40 - ми одержимо 14 заготовок, оскільки при цьому втримується відхід 16хØ40, тобто мінімальний, то робимо висновок, що даний спосіб відрізання заготовок найоптимальніший.

При цьому прокат обирають виготовлений за 16 квалітетом точності, і відповідно допуски на отримувані розміри складатимуть: 106_{-2,9}, Ø40_{-1,9}.

б Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і заповнення заглиблення пуансона при штампуванні. Вибирається в залежності від виду обладнання. При виді обладнання КГШП – зовнішні нахили –3 - 5°.

ь Призначаємо 5°.

ш

и

й

Радіуси заокруглень відповідно до ГОСТ 7505-89 вибирають в залежності від маси поковки та глибини порожнини штампа. Враховуючи, що максимальний діаметр заготовки $\varnothing 40$ мм, то глибина порожнини штампа 20 мм, що входить в межі до 25, а маса лежить в межах до 1 кг, відповідно мінімальні радіуси заокруглення зовнішніх поверхонь складає 2,5 мм.

2.3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки



Рисунок 2.2 – Заготовка з прокату

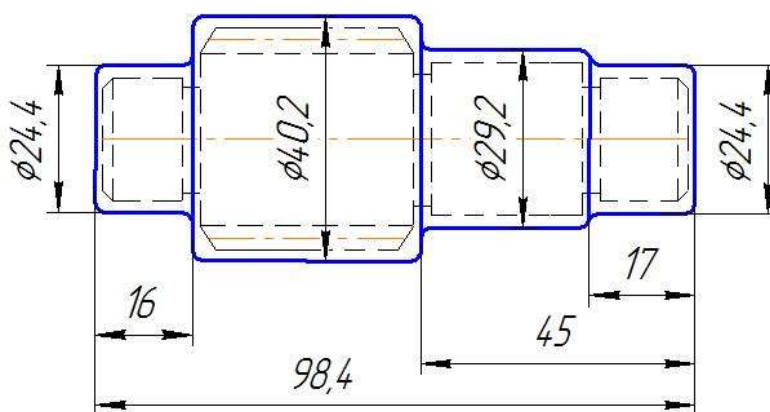


Рисунок 2.3- Заготовка отримана штампуванням на КГШП

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для двох варіантів заготовки

Масу загототовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою КОМПАС-3D.

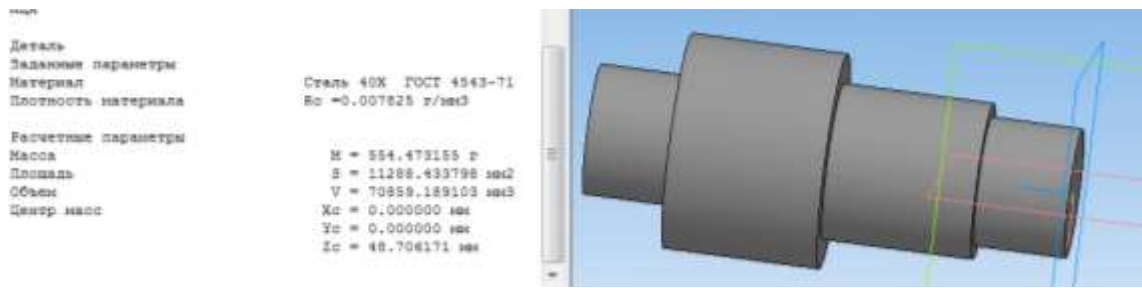


Рисунок 2.4 – МЦХ штамовки

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 0,41/0,554 = 0,74$$

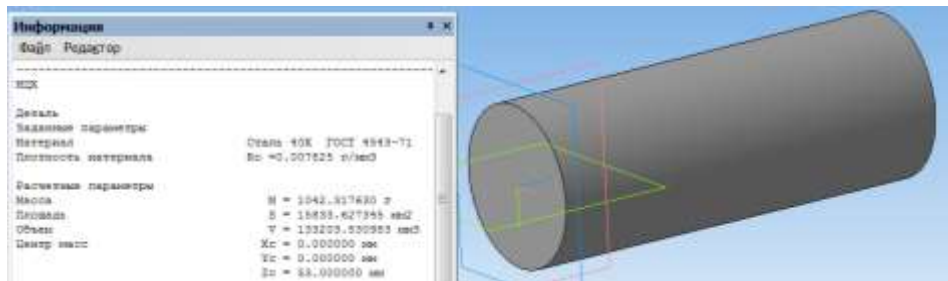


Рисунок 2.5 – МЦХ прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 0,41/1,04 = 0,394$$

Коефіцієнт використання матеріалу при штампуванні на КГШП більший ніж при прокатуванні. Це означає, що при одержанні заготовки на пресах менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці, тобто заготовка більш наближена до готової деталі.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу штампування необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [4]:

$$C_{заг.} = \left(\frac{G_{заг.}}{1000} \cdot C_{шт.} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left(\frac{G_{заг.} - G_{дет.}}{1000} \right) \cdot C_{відх.}, [\text{грн}] \quad (2.13)$$

де

$G_{заг.}=0,41$ кг – маса заготовки;

$G_{дет.}=0,554$ кг – маса деталі;

$C_{шт.}=18730$ – базова вартість 1т 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 $C_{відх.} = 1520$.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1,0$, $K_C = 0,75$, $K_B = 1,33$, $K_{II} = 1,0$.

– Штампування на КГШП:

$$C_{заг.шт.} = \frac{0,554 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(0,554 - 0,41)}{1000} \cdot 1520 = 10,13 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{пр.} = \frac{Q_{заг.}}{1000} \cdot C_m - \frac{(Q_{заг.} - Q_{дет.})}{1000} \cdot C_{відх.}, [\text{грн}] \quad (2.14)$$

де $Q_{заг.}$ – маса заготовки, кг;

C_m – вартість 1т матеріалу заготовки, грн;

$Q_{дет.}$ – маса готової деталі, кг;

$C_{\text{відх.}}$ – вартість 1т відходів, грн;

$C_{\text{м}} = 5000$ грн, $C_{\text{відх}} = 1520$ грн

$$C_{\text{заг.шт.}} = \frac{1,04 \cdot 5000}{1000} - \frac{(1,04 - 0,41)}{1000} 1520 = 4,24 (\text{грн.})$$

Отже, після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість прокатної заготовки менша ніж на КГШП пресах.

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанту одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.шт.}} + \Sigma C_{\text{обр.}}, [\text{грн}] \quad (2.15)$$

де $\Sigma C_{\text{обр.}}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів одержання заготовки.

$$C_{\text{обр}} = C_{\text{п.-з.}} \cdot T_{\text{шт-к(шт)}} / K_{\text{в}}, [\text{грн}] \quad (2.16)$$

$C_{\text{п.-з}}$ – хвилині приведені витрати, грн. – вибираємо згідно [4];

$T_{\text{шт-к(шт.)}}$ –штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію, хв.;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{в}} \approx 1,3$;

$C_{\text{п.-з}} = 37,9$ грн/год, тобто 0,63 грн/хв.- собівартість точіння на токарному верстаті 16K20.

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к(шт.)}} = T_{\text{о}} \cdot \phi_{\text{к}}; , [\text{хв}] \quad (2.17)$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формулю отримуваний після КГШП необхідно обточити поверхні Ø35 довжиною 20мм та 60 мм, Ø45 довжиною 32 мм, Ø50 довжиною 18 мм, Ø35 довжиною 53мм та Ø20 довжиною 22 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити двічі, основний час складатиме:

$$T_{o1} = 0,17 \cdot 2 \cdot (20 \cdot 16 + 36 \cdot 35 + 25 \cdot 28 + 20 \cdot 17) \cdot 0,001 = 0,89 (\text{хв.});$$

$$T_{\text{шт-к(шт.)}1} = 0,89 \cdot 2,14 = 1,9 (\text{хв.});$$

$$C_{\text{обр}} = 1,9 \cdot 0,63 / 1,3 = 0,92 (\text{грн.});$$

$$C_{\text{заг}} = 4,24 + 0,92 = 5,16 (\text{грн.})$$

Отже, врахувавши токарну обробку, ми бачимо, що прокат дешевший за КГШП. Тобто за основний спосіб отримання заготовки обираємо прокат.

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

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.18)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d – допуск деталі.

T_3 – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 20k6$, враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорнового точіння) складає 0,62 мм:

$$\varepsilon=0,62/0,017=36,47$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5$$

$$\varepsilon_2=4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

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

Тобто:

$$\varepsilon_3=36,47/5\cdot4=1,82$$

Допуск складатиме:

$$T_1=0,62/5=0,129 \text{ мм}$$

$$T_2=0,129/4=0,031 \text{ мм}$$

$$T_3=0,031/1,82=0,02 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (12 квалітет точності); точіння попереднє (9 квалітет точності); точіння остаточне (7 квалітет точності); шліфування або точіння тонке (6 квалітет точності)

2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в центрах, оскільки розміри ала є великі і необхідно уникнути биття і прогину заготовки під час механічної обробки.

Таблиця 2.6– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна ЧПК	$\varnothing 20, \varnothing 36, \varnothing 25, \varnothing 20$	відсутня	Діаметральний розмір
	20, 52	відсутня	Обробка з одного установова
	Вимоги співвісності відносно бази Г та Д	відсутня	Обробка з одного установова
	16, 17, 45,	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірювальної та технологічної баз

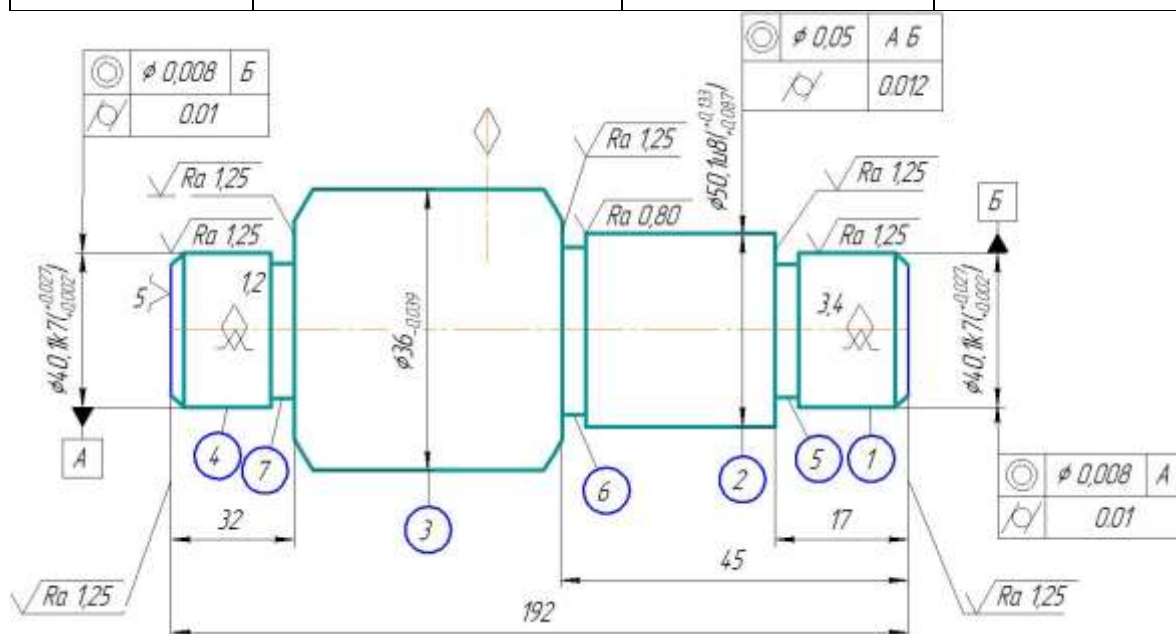


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

На операціях 015, 020 та 025 виконується обробка зубчастого вінця.

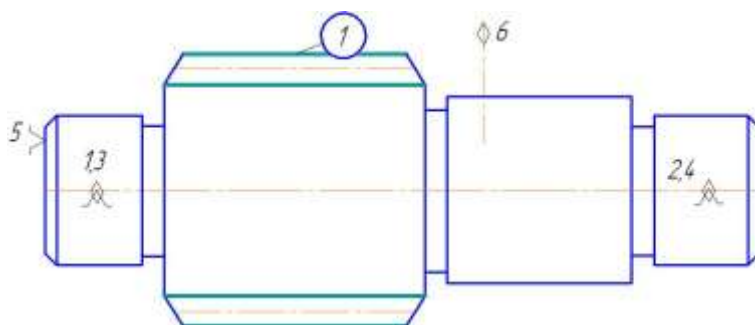


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 020 (чистові технологічні бази)

На операції 035 обробляються тонко циліндричні поверхні, при цьому похибка базування на діаметральні розміри рівна 0.

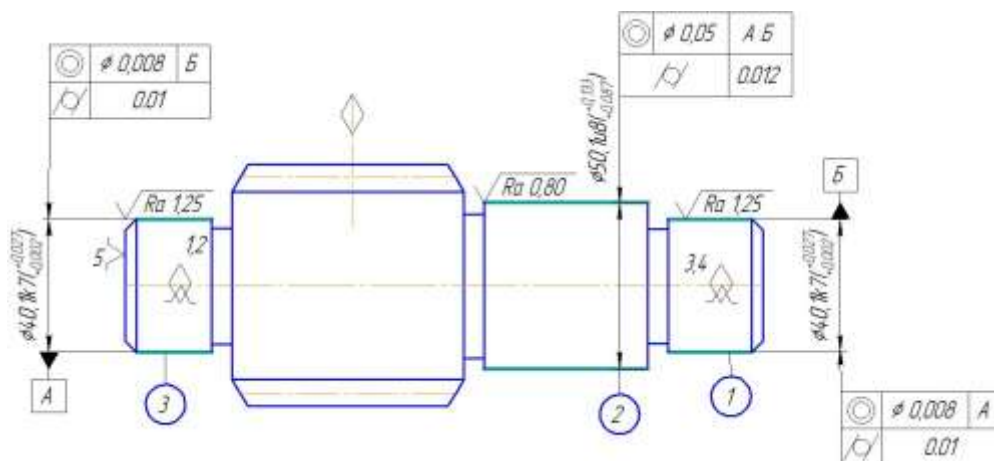


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 035 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 035

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна ЧПК	3 $\varnothing 20, \varnothing 25, \varnothing 20$	відсутня	Діаметральний розмір
	Вимоги співвідносності відносно бази Г та Д	відсутня	Обробка з одного установова

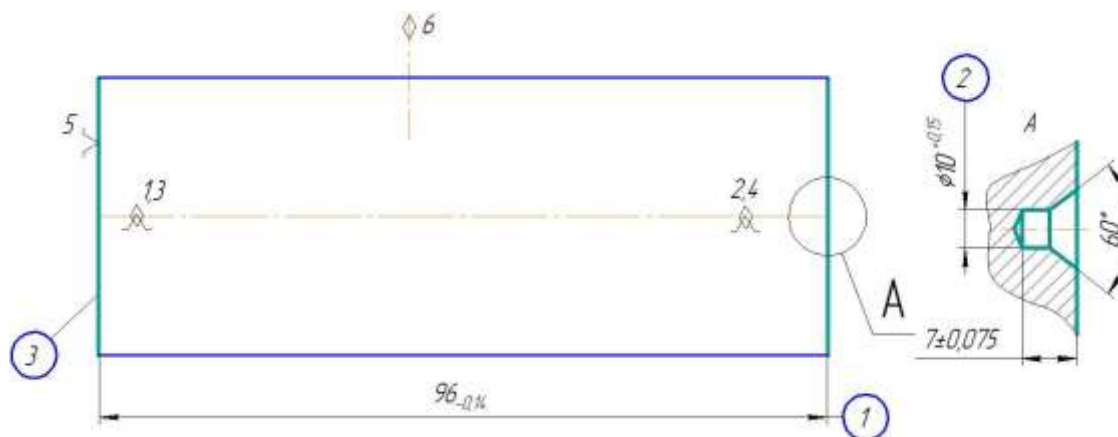


Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Таблиця 2.8– Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø10	відсутня	Діаметральний розмір
	7, 96	відсутня	Обробка з одного установова

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в трикулачковому патроні. Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із торців і циліндричної поверхні, які використовуються в якості технологічних баз.

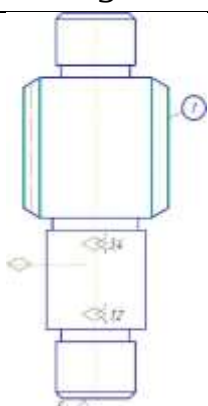
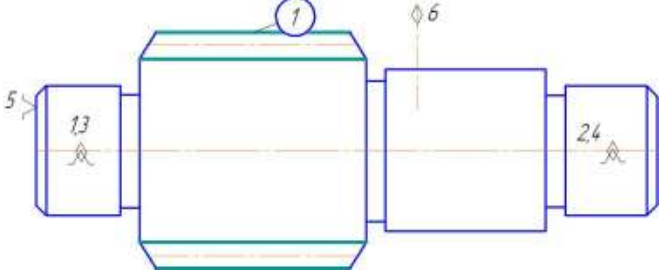
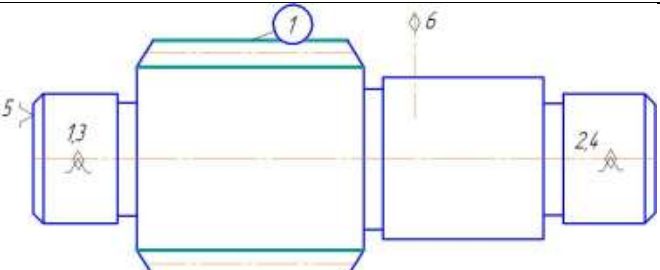
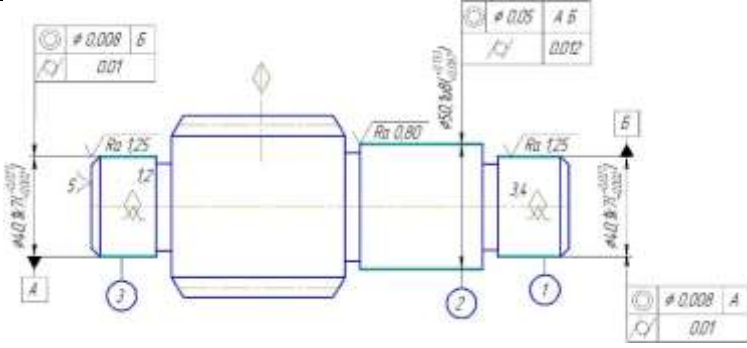
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

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

Таблиця 2.9 - Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 3 Центрувати отвори 3 та 4 витримуючи розміри вказані на ескізі 4 Зняти заготовку		Фрезерно -центрувальний 2A931
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1, 2, 3 з підрізкою торців попередньо 3 Точити поверхні 1, 2, попередньо та поверхню 3 остаточно з підрізкою торців 4 Точити поверхню 4 попередньо 5 Точити поверхню 4 попередньо 4 Точити канавки 5, 6 та 7 5 Точити остаточно поверхні 1 та 2 6 Точити поверхню 4 остаточно 7 Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПК1П420ПФ30

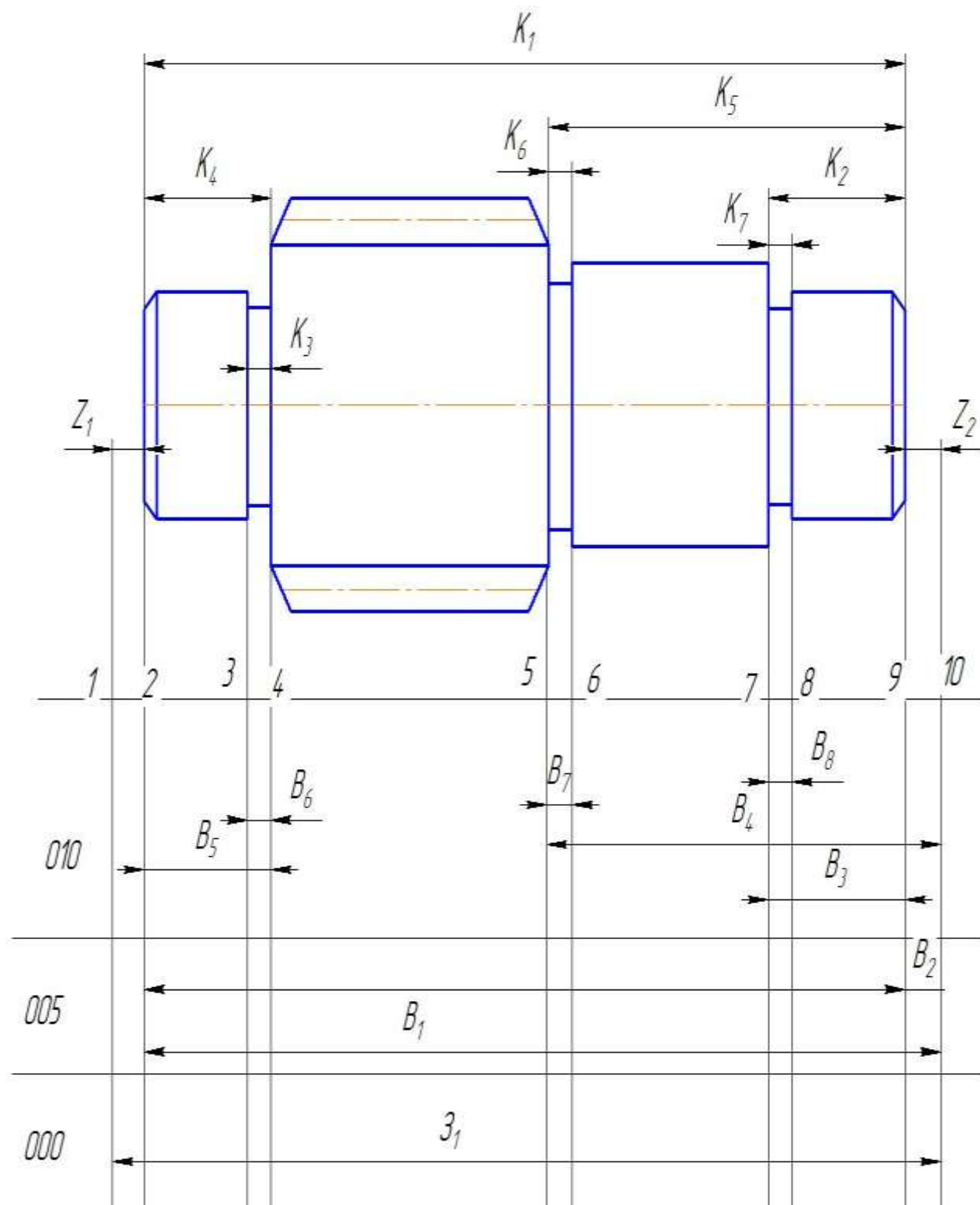
Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4
015	Зубофрезерна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати зубці 3 Зняти заготовку		Зубофрезерний 53071
020	Зубозаокруглювальна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Заокруглити зубці 3 Зняти заготовку		Зубозаокруглювальний 5A312
025	Зубошевінгувальна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Шевінгувати зубці 3 Зняти заготовку		Зубошевінгувальний 5702
030	Термічна		
035	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1,2 тонко 3 Точити поверхню 3 тонко 4 Зняти деталь		Токарний високої точності МК6801Ф3

2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу – правильне та об-

ґрунтоване 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. Правильне розв'язання цієї задачі забезпечує розмірний аналіз технологічного процесу.



Рисунки 2.10 – Розмірна схема технологічного процесу

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнкової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю. Відповідно припуск на розмір B_1 складатиме 0,29 мм, а на розмір заготовки Z_1 0,46 мм.

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

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2...$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

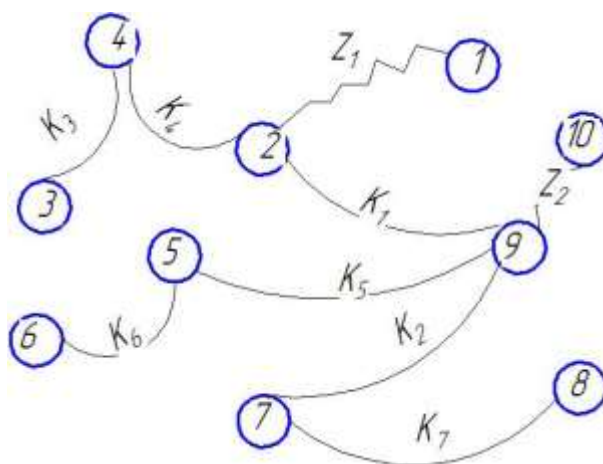


Рисунок 2.11 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1B_2...$ і розмірів заготовки $Z_1Z_2...$ називається похідним графом.

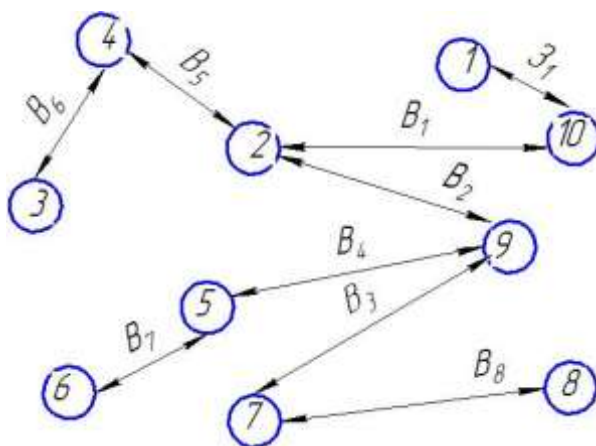


Рисунок 2.12 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

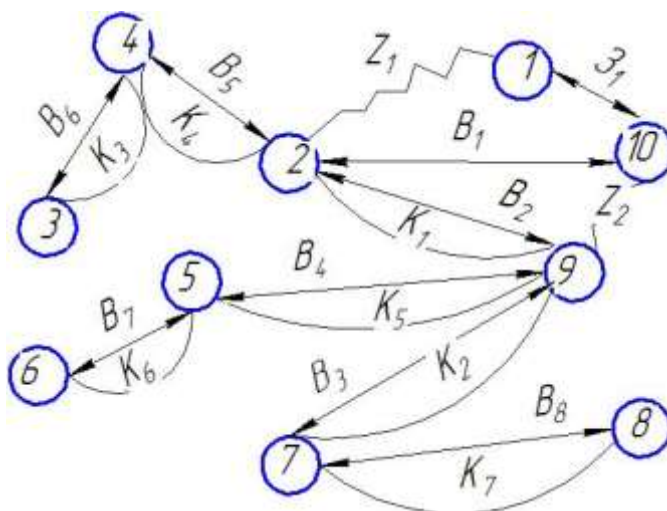


Рисунок 2.13– Суміщений граф-дерево

Оскільки обробляється 2 торці, то припуски на їх точіння складатимуть 1,5 мм. Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.6

Таблиця 2.10 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
2	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
3	$B_4 - K_5 = 0$	$B_4 = K_5$	B_4
4	$B_5 - K_4 = 0$	$B_5 = K_4$	B_5

5	$B_6 - K_3 = 0$	$B_6 = K_9$	B_6
6	$B_7 - K_6 = 0$	$B_7 = K_6$	B_7
7	$B_8 - K_7 = 0$	$B_8 = K_7$	B_8
9	$B_2 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - Z_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

$$B_2 = K_1 = 90_{-0,14};$$

$$B_3 = K_2 = 17^{+0,09};$$

$$B_4 = K_5 = 45^{+0,125};$$

$$B_5 = K_4 = 16^{+0,09};$$

$$B_6 = K_3 = 3^{+0,05}$$

$$B_7 = K_6 = 3^{+0,05}$$

$$B_8 = K_7 = 3^{+0,05}$$

Знайдемо технологічні розміри за розмірним ланцюгом:

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

$$B_{1 \min} = 1,5 + 90 = 91,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 91,5 + 0,29 = 91,89 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 91,89_{-0,29}; \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = B_{1 \max} - B_{2 \min} = 91,89 - 89,86 = 2,03 \text{ (мм)};$$

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

$$Z_{1 \min} = 1,5 + 91,89 = 93,39 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = 93,39 + 0,46 = 93,85 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 93,85_{-0,46} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2 \max} = Z_{1 \max} - B_{1 \min} = 93,85 - 91,5 = 2,35 \text{ (мм)}.$$

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.

Таблиця 2.11 –Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	93,39	93,85	0,46	93,85		$93,85_{-0,46}$
B_1	91,6	91,89	0,29	91,89	$91,89_{-0,29}$	
B_2	89,86	90	0,14	90	$90_{-0,14}$	
B_3	16,91	17,09	0,18	17	$17^{+0,09}$	
B_4	44,875	45,125	0,25	45	$45^{+0,125}$	
B_5	15,91	16,09	0,18	16	$16^{+0,09}$	
B_6	2,95	3,05	0,1	3	$3^{+0,05}$	
B_7	2,95	3,05	0,1	3	$3^{+0,05}$	
B_8	2,95	3,05	0,1	3	$3^{+0,05}$	

Таблиця 2.12– Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	1,5	2,03
Z_2	1,5	2,35

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених

в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні $R_z=200\text{мкм}$ $T=300\text{ мкм}$. При попередньому точінні приймаємо $R_z=T=50\text{ мкм}$, а на наступному переході відповідно 30 мкм , при чистовому точінні – $R_z=20\text{ мкм}$, $T=25\text{ мкм}$, при шліфуванні - $R_z=10\text{ мкм}$, $T=15\text{ мкм}$.

Розрахунковий припуск рівен 0, оскільки поверхні утворюються за рахунок знімання напуску.

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

$$2Z_{i\min}=2(R_{zi-1}+T_{i-1}+\rho_{i-1}) \text{ [мм]} \quad (2.19)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(200+300+0)=2\cdot 2370 \text{ (мкм)}$$

попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(50+50+0)=2\cdot 212,2 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2\min}=2(30+20+0)=2\cdot 54,49 \text{ (мкм)}$$

шліфування:

$$2Z_{2\min}=2(25+20)=2\cdot 45 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=20,002(\text{мм})$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1=20,002+2\cdot0,045=20,092 (\text{мм})$$

для попереднього точіння:

$$d_2=20,093+2\cdot0,05449=20,2 (\text{мм})$$

для попереднього точіння:

$$d_3=20,2+2\cdot0,2122=20,625 (\text{мм})$$

для заготовки

$$d_3=20,625+2\cdot2,37=25,36 (\text{мм})$$

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

Для шліфування допуск складає 16 мкм, відповідно для 6 квалітету; для чистового точіння, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 35 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 87 і 350 мкм та для заготовки, що має 15 квалітет точності, допуск складає 1400 мкм.

Граничні розміри

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

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$25,4+1,4=26,8 \text{ (мм)}$$

$$20,63+0,35=20,98 \text{ (мм)}$$

$$20,2+0,087=20,287 \text{ (мм)}$$

$$20,093+0,035=20,127 \text{ (мм)}$$

$$20,002+0,022=20,024 \text{ (мм)}$$

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

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\min 4}=25,4-20,63=4,77 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4}=26,8-20,98=5,82 \text{ (мм)}$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3}=20,63-20,2=0,43 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3}=20,98-20,287=0,693 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2}=20,2-20,092=0,108 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=20,287-20,127=0,16 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1}=20,092-20,002=0,09(\text{мм})$$

$$2Z_{\max 1}=20,127-20,024=0,103(\text{мм})$$

На основі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків і допусків по обробці циліндричної поверхні

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4}-2Z_{\min 4}=5820-4770=1050 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=1400-350=1050 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=693-430=263 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=350-87=263 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=160-108=52 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=87-35=52 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=103-90=13 \text{ мкм}$$

$$\delta_2-\delta_1=35-22=13(\text{мкм})$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

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

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

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається

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

Наведемо приклад розрахунку режимів різання за нормативами для точіння поверхні $\varnothing 20\text{к6}$: попередньо, попередньо та остаточно. При цьому знімаються припуски:

поверхня 1 – припуск 2,2 мм;

поверхня 2 – припуск 2,2 мм;

поверхня 3 – припуски: 2,2; 1,1; 0,4 (мм).

При розточуванні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають:

$$S_{от1}=0,74 \text{ мм/об};$$

$$S_{от2}= 0,55 \text{ мм}$$

$$S_{от3}= 0,4 \text{ мм}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового розточування::

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові T14K8);

$$K_{SU}=1;$$

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення);

$$K_{SP}=1,1;$$

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

4 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні:

$$K_{sp}=0,85;$$

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця:

$$K_{sp}=0,95;$$

6 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{sl}=0,95.$$

7 Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі:

$$K_{sd}=0,8.$$

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,2=0,767$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,74 \cdot 0,77=0,567 \text{ (мм/об)};$$

$$S_{ot2}=0,55 \cdot 0,767=0,421 \text{ (мм/об)}$$

Для чистового розточування поправочні коефіцієнти складають:

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8);

$$K_{su}=1;$$

2 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

3 Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця:

$$K_{sr}=0,8;$$

4 Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані:

$$K_{\varphi K}=0,95;$$

5 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{sl}=0,9.$$

6 Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі:

$$K_{sk}=1.$$

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,8208$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o3}=0,4 \cdot 0,8208 = 0,328 \text{ мм/об};$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{триз1}}=138 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз2}}=148 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз3}}=415 \text{ (м/хв)}.$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=3,7 \text{ (кВт)};$$

$$P_2=3,4 \text{ (кВт)}.$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, вид інструменту і стан деталі введемо поправочні коефіцієнти:

1 Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту K_{vi} рівен 1;

2 Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу K_{vc} рівен 1;

3 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату K_{vj} рівен 0,75;

4 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу K_{vm} рівен 1,3;

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{v\phi}$ рівен 0,95;

6 Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту K_{vt} рівен 1,1;

7 Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) K_{vj} рівен 0,75

8 Коефіцієнт, що враховує вид обробки K_{vo} рівен 1,2.

Загальний коефіцієнт складає:

$$K_1=1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,7641$$

$$K_2=1 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,917$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз1}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз2}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз3}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв.)}.$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.20)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_3=1000 \cdot 105,5 / 3.14 \cdot 20= 176,84 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1 / 3.14 \cdot 20= 189,6 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555 / 3.14 \cdot 20=637,87 \text{ (об/хв.)}.$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання:

$$N_1=176 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_2=189 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_3=637 \text{ (об/хв.)}.$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

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

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=176 \cdot 0,567=99,792 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M2}=189 \cdot 0,421=79,569 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M3}=637 \cdot 0,328=208,936 \text{ (мм/хв.)}.$$

Визначення технічних норм часу на операції

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

Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. Але для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад на попереднє точіння визначається за формулою:

$$t_o = 0,18dl, \quad [\text{хв}] \quad (2.22)$$

де d – діаметр отвору,

l – глибина отвору

І при точінні поверхні $\varnothing 20$ довжиною 17 мм отримаємо:

$$t_o = 0,18 \cdot 20 \cdot 17 \cdot 0,001 = 0,06 \text{ (хв)}$$

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 4.10.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_o \cdot \varphi_k, \quad (2.23)$$

Аналогічно визначається штучно – калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиці

Таблиця 2.12– Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.
--------------------------	---

	Формула			Результат
		d	l	
1	2	3	4	5
005-Фрезерно-центрувальна				
1 Фрезерувати торець 1	4l		40	0,16
фрезерувати торець 2	4l		40	0,16
2 Свердлити центрувальний отвір 3	0,52dl	5	7	0,0364
свердлити центрувальний отвір 4	0,52dl	5	7	0,0364
Всього				0,39
010-Токарна з ЧПК				
2 Точити поверхню 1	0,18dl	20	17	0,06
точити поверхню 2	0,18dl	25	28	0,13
точити поверхню 3	0,18dl	36	35	0,23
3 Точити поверхню 1	0,18dl	20	17	0,06
точити поверхню 2	0,18dl	25	28	0,13
точити поверхню 3	0,18dl	36	35	0,23
Продовження таблиці 4.10				
1	2	3	4	5
4 Точити поверхню 4 попередньо	0,18dl	20	16	0,06
5 точити поверхню 4 попередньо	0,18dl	20	16	0,06
6 Точити канавки 5,6,7	0,18dl	3	19	0,03
7 Точити остаточно поверхню 1	0,2dl	20	17	0,07
остаточно поверхню 2	0,2dl	25	28	0,14
8 Точити остаточно поверхню 4	0,2dl	20	16	0,06
Всього				1,25
020-Зубофрезерна				
Фрезерувати зубці	2,2dl	35	36	2,77
025-Зубозаокруглювальна				
Заокруглити зубці	1,8dl	35	36	2,27
030-Зубошевінгувальна				
Шевінгувати зубці	1,6dl	35	36	2,02
035-Токарна з ЧПК				
2 Точити остаточно поверхню 1	0,25dl	20	17	0,09
остаточно поверхню 2	0,25dl	25	28	0,18
3 Точити остаточно поверхню 4	0,25dl	20	16	0,08
Всього				0,34

Таблиця 2.131 – Штучно-калькуляційний час

№ опера- цій	Основний час t_o , хв	Коефіцієнт φ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
005	0,39	1,4	0,55
010	1,25	1,3	1,62
015	2,77	1,46	4,05
020	2,27	1,46	3,31
025	2,02	1,46	2,94
035	0,34	1,3	0,44

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

3.1 Розробка завдання на пристосування

Найменування та галузь застосування.

- Пристосування універсальне збірне (в подальшому „пристосування” до верстата мод. 6P11Ф3-1, на якому можна проводити обробку пов’язану із змістом операції 015 технологічного процесу механічної обробки деталі „Вал 15.41.24”;

- Пристосування призначено для встановлення та фіксації деталі у відповідному фіксованому положенні для механічної обробки з одного установу поверхонь згідно змісту операції 015;

- Пристосування повинно забезпечувати вимоги до точності виготовлення заданих поверхонь деталі, які вказані в розділі „Технічні вимоги”.

- Пристосування повинно відповідати вимогам безпеки роботи, ГОСТ 12.2.29-77.

- Пристосування придатне для експлуатації в приміщенні при температурі від 16 до 24 °С.

Підстава для розробки

- Розробку пристосування вести на підставі завдання на дипломного проект стосовно технологічного процесу механічної обробки деталі „Шпиндель”, складеного керівником проекту і затверджено кафедрою „Технологія автоматизація машинобудування”.

Мета призначення розробки.

- Метою даного розділу являється розробка конструкції універсального пристосування для виконання переходів 015 операції з одного установу на верстаті мод. 6P11Ф3-1, яка задовольняє технічні умови даного технічного завдання.

- Задачею даного дипломного проекту є розробка складального креслення пристосування для операції 015.

Джерела розробки.

- Джерелами розробки являються:

- дане технічне завдання;
- зміст операції 015;
- прийнята схема будування деталі на операції 015;
- „Єдина схема система конструкторської та технологічної документації”;
- Загальні правила розробки технологічних процесів та вибору засобів технологічного оснащення за ГОСТ 14.301 – 83;

- ГОСТ 14. 305 – 73 „Правила вибору технологічного оснащення”;
- Атласи конструкції пристосування;
- Технічна література, довідкове видання;
- Існуючі протоколи;
- Технічна документація на верстат, до якого розробляється пристосування;

Технічні вимоги

Склад пристосування і вимоги до конструктивного пристрою.

- Пристосування повинно складатися з наступних загальних вузлів:
- корпус з установленими елементами цих деталей;
- швидкодіючих механізми затиску – розтиску деталі.
- конструкція пристосування повинна бути простою, зручною в експлуатації та забезпечувати можливість візуального контролю роботи основних вузлів.

Конструктивні вимоги до пристосування та його складовим частинам.

- Габарити пристосування повинні відповідати розмірам столу верстата мод. 6P11Ф3-1: Забезпечувати вільне переміщення інструменту.

- При наявності конструктивних елементів пристосування, які виходять за габарити столу верстата, решта не повинні перешкоджати роботі верстата та доступу до органів керування.

- Встановлення та закріплення пристосування на столі верстату мод. 6P11Ф3-1;

- Встановлення пристосування повинно здійснюватись по двох призматичних шпонках закріплених в пазах корпусу та по центральному (точному) Т – подібному столу верстата;

- Закріплення повинно здійснюватись скрізь проушини з використання пар „гвинт-гайка” та Т – подібних пазів столу верстата.

- Закріплення корпусу пристосування на стіл верстата повинно виключати можливість самовільного ослаблення кріплення, а також зміщення пристосування в процесі експлуатації.

- Конструкція пристосування повинна забезпечувати налагодження на розмір безпосередньо на верстаті.

- Матеріали конструкції пристосування повинні бути стійкими по відношенню до найбільш часто застосовуваних ЗОР та стружки.

Вихідні дані для проектування пристосування

- Виробництво дрібносерійне;
- Маса деталі – 0,41 кг;
- Матеріал деталі – Сталь 40Х ГОСТ 1050-85;
- Технічні вимоги на деталь – вказані на робочому кресленні (див. додатки);
- Не вказані граничні відхилення розмірів: отворів – по Н14, валів по h14, інших $\pm IT\ 14/2$;
- Методи обробки поверхонь операції 015 – приставлені в технологічному маршруті та операційній карті (див. додатки);
- Прийняті режими обробки поверхонь – згідно нормативного способу визначення наведені в операційній карті (див. додатки);
- Обслуговування пристосування – пристосування обслуговується верстатником 3 – го розряду.

Загальні технічні параметри, які забезпечуються застосуванням пристосування.

- Обробка поверхонь на дані операції повинна відповідати вимогам технічної документації на деталь.

- Взаємне розташування - не обумовлено.

Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

- З метою підвищення надійності, ремонтоздатності та економічності пристосування забезпечити комплектність стандартними та уніфікованими установчими та затискними елементами.

- Рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше, ніж 80%.

Вимоги до безпеки застосування пристосування.

- Пристосування повинно задовольняти вимоги безпеки згідно ГОСТу.

- Зовнішні елементи конструкції пристосування не повинні мати поверхонь з нерівностями, які представляють джерело небезпеки. Радіуси заокруглень, розміри фасок зовнішніх поверхонь повинні бути не меншим за 1мм.

- Конструкція пристосування повинна передбачати безпеку встановлення та зняття заготовок, виключаючи можливість їх самовільного падіння на опори.

- Максимальний гарантований зазор для встановлення заготовки з метою виключення защемлення рук робітника перевищує 5 мм.

- В конструкції пристосування повинна передбачатися можливість періодичного змащування всіх поверхонь всіх поверхонь тертя.

- Я за допомогою змащувальних клапанів, отворів, маслянок тощо.

- Конструкція пристосування повинна бути безпечною при складанні та транспортуванні.

- Висота від рівня підлоги до органів керування повинна бути не менше, ніж 1000мм і не більше, ніж 1600мм.

Умова експлуатації, вимоги до технічного обслуговування та ремонту.

- Для запобігання корозійним процесам всі елементи пристосування підлягають оксидуванню.

- Кінцеву відливку пристосування виготовити після обробки потрібних заготовок.

- Контроль точності пристосування по забезпеченню положення оброблюваних поверхонь на заготовці слід виконувати через кожних 3 місяці експлуатації.

Вимоги до транспортування та збереження.

- Конструктивне оформлення пристосування повинно забезпечувати зручність та виконання вимог по охороні правці при транспортуванні та установці пристосування на верстаті чи стелажах чи шафі, які забезпечують виконання всіх вимог по

охороні праці при транспортуванні та установці пристосування на верстаті чи стелажі.

- Пристосування повинно зберігатися у стелажах чи шафі, які забезпечують виконання всіх вимог по складанню та зберіганню.

- Місце зберігання пристосування в період, коли воно не застосовується у технологічному процесі, повинно знаходитись в опалювальному приміщенні.

Економічні показники.

- Орієнтована ефективність: не визначається.

- Строк окупності витрат на розробку та освоєння виробництва продукції: не визначається.

- Економічні переваги розробленою продукції в порівнянні з кращими вітчизняними зразками та аналогами: не визначаються.

Стадії та етапи розробки:

- Зміст розділів дипломного проекту та строки їх виконання визначення завдання на проект затверджено кафедрою ТАМ.

Порядок оформлення технічного завдання (ТЗ).

- ТЗ оформлюється згідно загальних вимог до текстових конструкторських документів за ГОСТ 2.105-79.

3.2 Аналіз похибки установки заготовки в пристосуванні

При повному базуванні заготовку необхідно лишити 6 – ти ступенів свободи. Затискна сила забезпечує силовий контакт із заготовкою і надає їй нерухомість.

Від правильного базування залежить точність механічної обробки, надійність і конструкція пристосування.

Оптимальним вибором схеми базування є варіант, коли похибка базування буде мінімальною, тобто $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Для нашої деталі на першій операції заготовку базуємо по обробленим поверхням. В якості установчої бази приймаємо поверхню з найбільшими габаритними розмірами. Опорною поверхнею є торець.

Пропонуємо варіант схеми базування заготовки. По даному варіанті деталь базуємо по поверхнях $\varnothing 20$ та $\varnothing 25$ і боковому торцю з установкою в призмі.

При установці в призмі виникає похибка базування у вигляді зміщення осі, яка залежить від допуску на діаметр деталі, тобто:

$$l_1 = T_d \cdot \frac{1}{2 \cdot \sin \alpha / 2} = 0,016 \cdot \frac{1}{2 \cdot \sin 90 / 2} = 0,011(\text{мм});$$

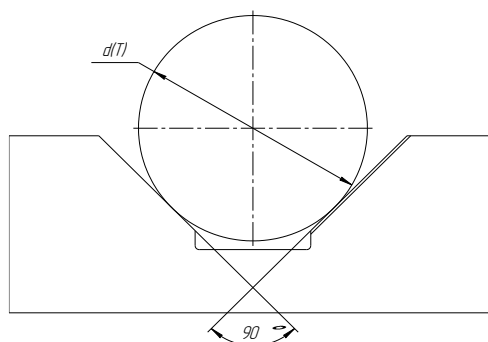


Рисунок 3.1 – Похибка установки в призму

Похибка зміщення знаходиться в межах допустимого.

3.3 Розрахунок зусилля закріплення

В процесі закріплення сили затиску не повинні порушувати положення заготовки, яке воно витримало після базування. Сили затиску повинні бути достатніми для затиску і не деформувати заготовку.

Конструкція затискного механізму повинна бути простою надійною і безпечною в роботі. Таким вимогам відповідає затискні важелі.

В якості приводу прийняти гідро-циліндр, шток якої передає тягове зусилля через шток на важелі, що здійснюють безпосередній затиск.

Затискний механізм повинен забезпечувати швидкий і надійний затиск заготовки. В якості приводу вибраний пневмоциліндр. Сила штока передається безпосередньо на затискні елементи, які контактують із заготовкою і здійснюють затиск.

$$P_{\text{зат}} = \sqrt{\frac{D^2}{1.13}} \cdot p, [\text{H}] \quad (3.1)$$

де D – діаметр отвору що утворюються,
 p – тиск у циліндрі.

$$P_{\text{зат}} = \sqrt{\frac{80^2}{1.13}} \cdot 0,63 = 2000(\text{H})$$

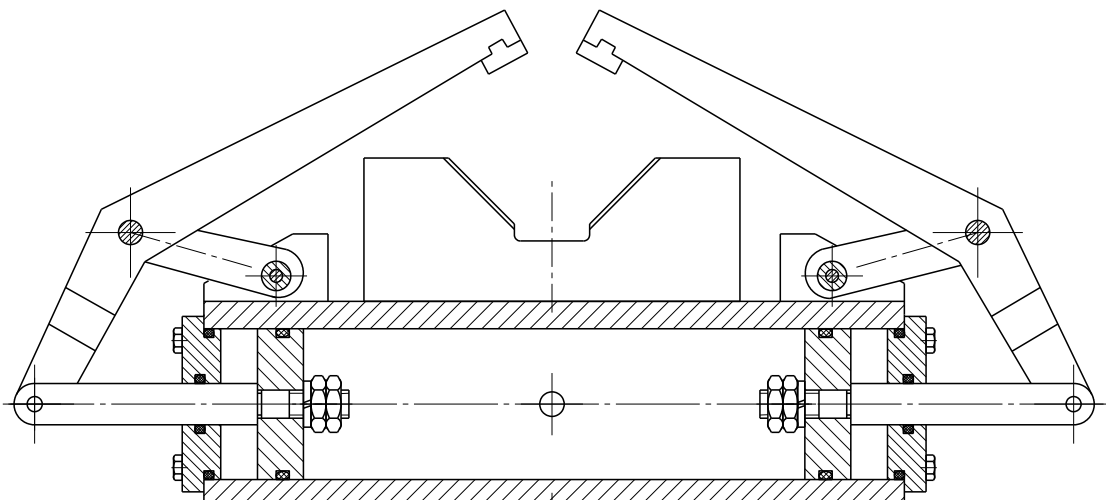


Рисунок 3.2 – Конструкція затискного механізму пристосування

3.4 Визначення сили закріплення

Для операції 015, фрезерна, найбільші сили різання виникають при фрезеруванні пазу.

Ріжучий інструмент – фреза шпонкова.

Складаємо схему дії сил різання:

Визначаємо головну колову силу P_z за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot z}{D^q n^w} \cdot K_{MP} [H] \quad (3.1)$$

де z – число зубів фрези;

n – частота обертання фрези, об/хв.

$$P_z = \frac{10 \cdot 6.82 \cdot 3^{0.86} \cdot 0.1^{0.72} \cdot 2}{8^{0.86} \cdot 210^0} \cdot 1.15 = 430 (H)$$

$C_p=6.82$; $q=0.86$; $x=0.86$; $y=0.72$; $u=1$; $\omega=0$; $K_{mp}=1.15$

Крутний момент, Н•м, на шпинделі

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{430 \cdot 8}{200} = 17,2 \text{ (Н/м)}$$

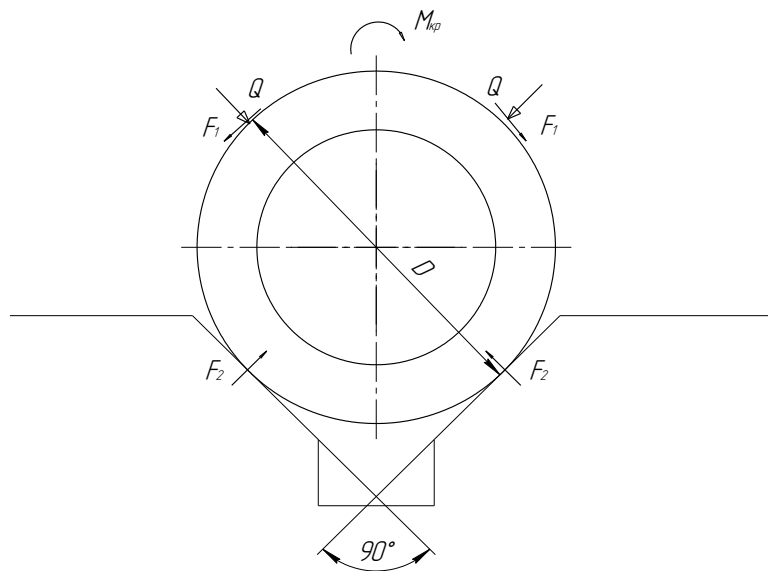


Рисунок 3.3 Схема дії сил різання

Складаємо рівняння рівноваги дії сил:

$$P_{зат} \cdot (f_2 + f_1 \cdot \sin \alpha / 2) - M_k + K \cdot P_z = 0;$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot P_z - M_k}{f_2 + f_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}};$$

де f_1 і f_2 - коефіцієнти тертя відповідно між призмою, затискним елементом і заготовкою; $f_1 = 0.2$; $f_2 = 0.3$ (заготовка необроблена).

Коефіцієнт запасу визначаємо по формулі:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

де $K_0 = 1.5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.2$ - коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання із-за випадкових нерівностей (при чорновій обробці);

$K_2 = 1.3$ - коефіцієнт враховуючий збільшення сил затиску із-за затуплення різучого інструмента;

Інші коефіцієнти $K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = 1$;

$$K = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2.35.$$

Затискна сила складає

$$P_{\text{зат}} = \frac{2.35 \cdot 430 - 17.2}{0.2 + 0.3 \cdot \sin \frac{90}{2}} = 1850 \text{ (H)}.$$

3.5 Аналіз точності пристосування

Проведемо розрахунки на точність для розміру 22h9.

Необхідною умовою обробки є правило, коли сумарна похибка (ϵ_Σ) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{\text{дет}}$ на відповідний розмір

$$\epsilon_\Sigma < T_{\text{дет}}.$$

Запас точності служить для компенсації зносу опорних елементів, зносу ріжучого інструмента, напрямних елементів і т. ін.

Сумарна похибка пристосування визначається за формулою

$$\varepsilon_{\text{ПРИС.}} = T_{\text{ДЕТ.}} - K_{T_1} \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{УСТ.}}^2 + \varepsilon_{\text{ІЗ.}}^2 + \varepsilon_{\text{УС.}}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2}.$$

ε_{δ} - похибка базування для розміру $\varepsilon_{90} = 0$.

$\varepsilon_3 = 0$ - похибка закріплення. Сила затиску $P_{\text{зак}}$ направлена перпендикулярно розрахунковому розміру, а тому не впливає на нього.

$\varepsilon_{\text{УСТ.}}$ - похибка установки пристосування на столі верстата. Залежить від зазору між шпонкою і пазом 14Н8(+0.021).

Приймаємо для розрахунків: $\varepsilon_{\text{УСТ.}} = 0,01 \text{ мм}$.

$\varepsilon_{31} = 11 \text{ мкм}$ - похибка зносу, обумовлена зносом опорних елементів.

$\varepsilon_{\text{УС.}} = 0,016 \text{ мкм}$ - похибка, обумовлена неточністю виготовлення і складання пристосування:

ω - середня економічна точність механічної обробки на МРВ: $\omega = 0.12 \text{ мм}$.

$K_{T1} = 1,2$, $K_{T2} = 0,8$ - коефіцієнт враховуючий кількість похибок,

Підставляючи визначені дані, отримаємо:

$$\varepsilon_{\text{ПРИС.}} = 0,016 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,016^2 + (0,8 \cdot 0,12)^2} = 0,008 \text{ мм}.$$

Деталі в пристосуванні виготовляють в межах необхідної точності з допусками на лінійні розміри і допусками розташування поверхонь.

На верстатах нормальної точності (Н) методом шліфування і підгонка можна досягти точність 6...7 квалітету і 6-9 ступенів точності непаралельності.

Поле розсіювання замикаючої ланки $\delta_{(A\Sigma)}$ складає суму допусків складових ланок ($\sum T_i$). При методі повної взаємозаміни повинні виконуватись вимоги:

$$\delta_{(A\Sigma)} \leq T_{(A\Sigma)}; \quad \delta_{K(\alpha_\Sigma)} \leq T_{K(\alpha_\Sigma)}.$$

Замикаючий допуск непаралельності пристосування 8-й ступені точності складає не лише 0,04 мм, забезпечуючи запас точності.

а) Для лінійних розмірів $\varepsilon_{\text{ПРИС.}} = 0.32 \text{ мм}$

$$\delta_{(\alpha_{\Sigma})} = \sum_1^n T_i = T_{A_1} + T_{A_2} = 0.2 + 0.12 = 0.32 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{ПРИС.}} \geq \delta_{(\alpha_{\Sigma})}; \quad 0.32 = 0.32 \text{ мм}$$

Умови по точності виконуються.

Настройка на розмір для верстатів з ЧПК виконується по програмі ЧПК. Точність механічної обробки $\pm 0.01 \text{ мм}$.

б) Для визначення непаралельності деталей виконуємо розрахунки кутового розмірного аналізу.

Припускаємо, що економічно доцільні допуски непаралельних деталей відповідають 6-й ступені точності.

$$T_{(\alpha_1)} = \frac{0.016}{200} \quad T_{(\alpha_2)} = \frac{0.01}{100} \quad T_{(\alpha_{\Sigma})} = \frac{0.04}{200}$$

Допуски ланок в кутові мірі (градуси).

$$T_{K(\alpha_1)} = \arctg \frac{0.016}{200} = 4.2 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{K(\alpha_2)} = \arctg \frac{0.01}{100} = 5.7 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{K(\alpha_{\Sigma})} = \arctg \frac{0.04}{200} = 10.4 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_{K(\alpha_{\Sigma})} = 4.2 \cdot 10^{-3} + 5.7 \cdot 10^{-3} = 9.9 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_{K(\alpha_{\Sigma})} \leq T_{K(\alpha_{\Sigma})}; \quad 9.9 \cdot 10^{-3} < 10.4 \cdot 10^{-3}$$

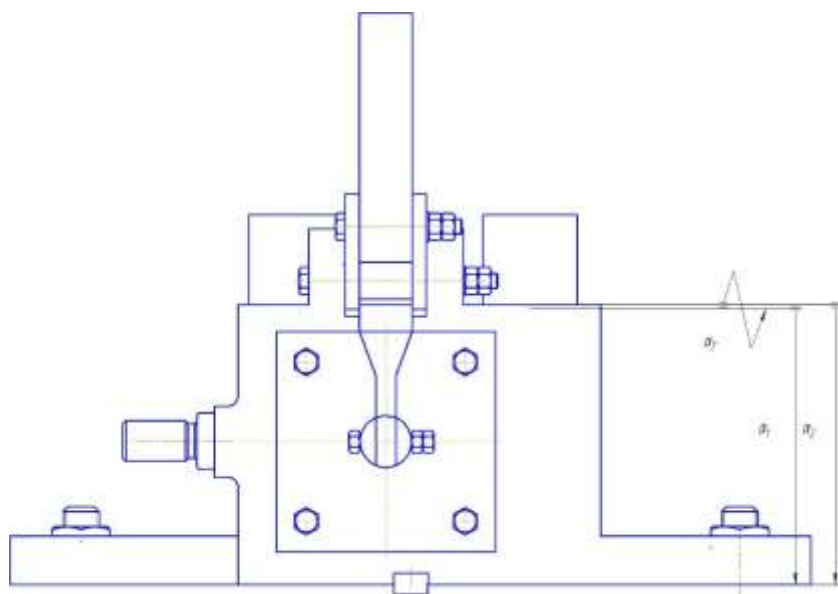


Рисунок 3.5 – Схема розрахунку на точність

Умови по точності пристосування виконуються. Після складання опорні пластини доцільно шліфувати в складі.

3.6 Розрахунок пристосування на міцність

Найбільш відповідальним вузлом пристосування є механізм затиску. Найбільш навантаженою деталлю є шток гідро-циліндра. Небезпечним перерізом є канавка під розрізну шайбу.

Сила штока $Q_{шт} = 1850\text{Н}$

Матеріал штока Сталь 40Х покращена

$[\sigma_p] = 75\text{МПа}$

Умови міцності деталі

$$\sigma_p = Q/F = Q/\pi d^2/4 = 1850/3.14 \cdot 15^2/4 = 9,8 \text{ (МПа)}$$

$$\sigma_p < [\sigma_p]; \quad 9,8 < 75 \text{ (МПа)}$$

Умови міцності виконуються.

3.7 Розробка конструктивної схеми пристосування

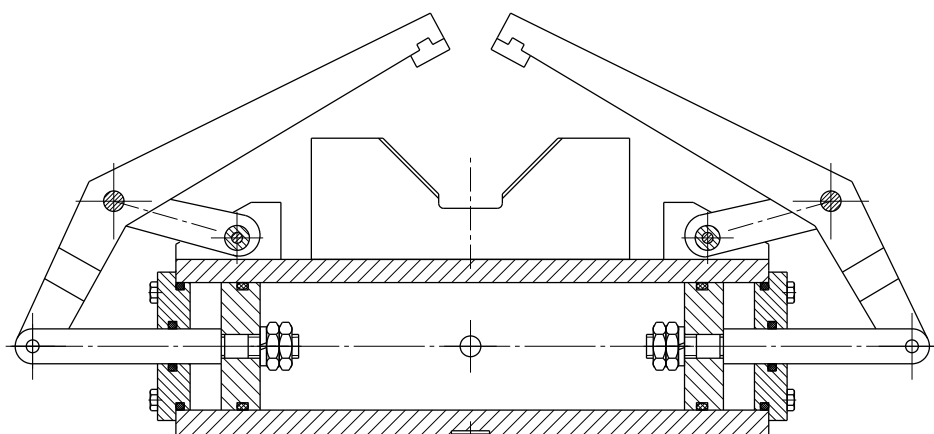


Рисунок 3.6 – Конструкція затискного механізму пристосування

Робота пристосування: деталь розміщена на призмах з осьовою орієнтацією в торець. При подачі тиску в напірну порожнину гідроциліндра штоки гідроциліндра рухаються в крайні положення, переміщуючи важелі, які контактують з поверхнями деталі й виконують затиск.

В процесі закріплення сили затиску не повинні порушувати положення заготовки, яке воно витримало після базування. Сили затиску повинні бути достатніми для затиску і не деформувати заготовку.

Конструкція затискного механізму повинна бути простою надійною і безпечною в роботі. Таким вимогам відповідає затискні важелі.

В якості приводу прийняти гідро-циліндр, шток якої передає тягове зусилля через шток на важелі, що здійснюють безпосередній затиск.

4 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

4.1 Уточнення виробничої програми

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

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (4.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (4.2)$$

m_i - маса i -ї деталі, $m_{\text{пр}}$ - маса представника

Для деталі вал 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{0,35}{0,41}} = 0,899$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (4.3)$$

де N-програма випуску представника, програма випуску i-ї деталі, N- показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{6400}{3500}\right)^{0.15} = 1.094$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (4.4)$$

K_{Ti} , $K_{T.пр.}$ - середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{a.пр.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{11,1}{11,32}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{6,8}{4,15}\right)^{\alpha_2} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,899 \cdot 1,094 \cdot 0,94 = 0,926$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 4.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Вал	0,41	6400	1	1	1	1	6400
Вал 1	0,35	3500	0,899	0,94	1,094	0,926	3241
Вал 2	0,36	5200	0,916	0,9	1,031	0,851	4427
Вал 3	0,4	480	0,983	0,88	1,044	0,9	4338
Вал 4	0,28	4100	0,775	0,95	1,069	0,787	3229
Вал 5	0,5	6000	1,14	0,75	1,01	0,864	5186
Всього						26821	

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

4.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (4.5)$$

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

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

m – кількість робочих змін

Відповідно для кожної операції отримаємо:

Операції 005:

$$C_p = 0,55 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,12 \quad (C_{np} = 1)$$

Операції 010:

$$C_p = 1,62 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,35 \quad (C_{np} = 1)$$

Операції 015:

$$C_p = 4,05 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,887 \quad (C_{np} = 1)$$

Операція 020:

$$C_p = 3,31 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,725 \quad (C_{np} = 1).$$

Операція 025:

$$C_p = 2,94 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,644 \quad (C_{np} = 1).$$

Операція 035:

$$C_p = 0,44 \cdot 26821 / 60 \cdot 2040 = 0,096 \quad (C_{np} = 1).$$

Отримані результати занесемо до таблиці 4.2

Коефіцієнт завантаження для верстатів 1П420ПФ30 складатиме:

$$\eta_3 = 0,354 / 1 = 0,354$$

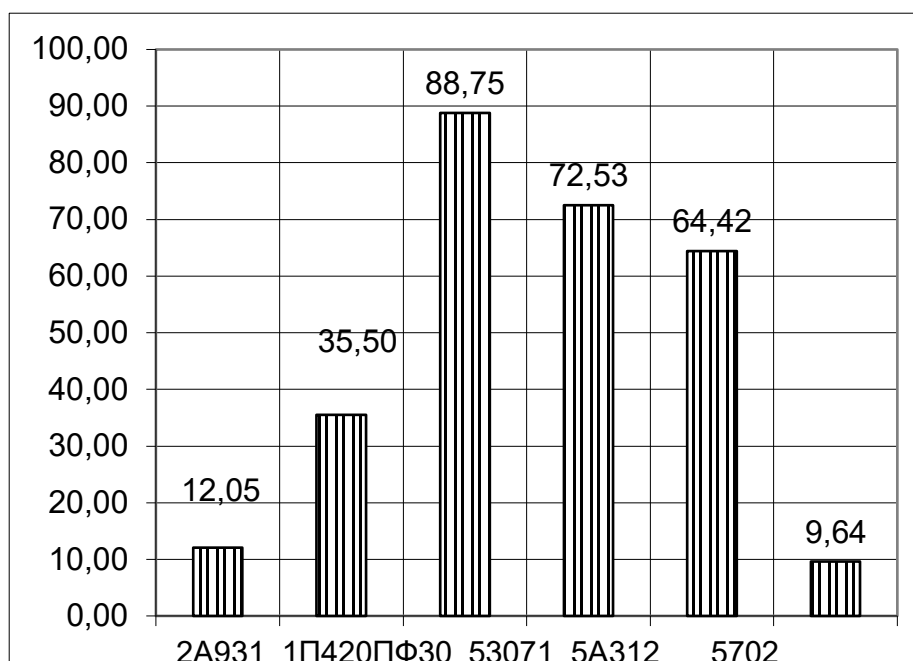


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

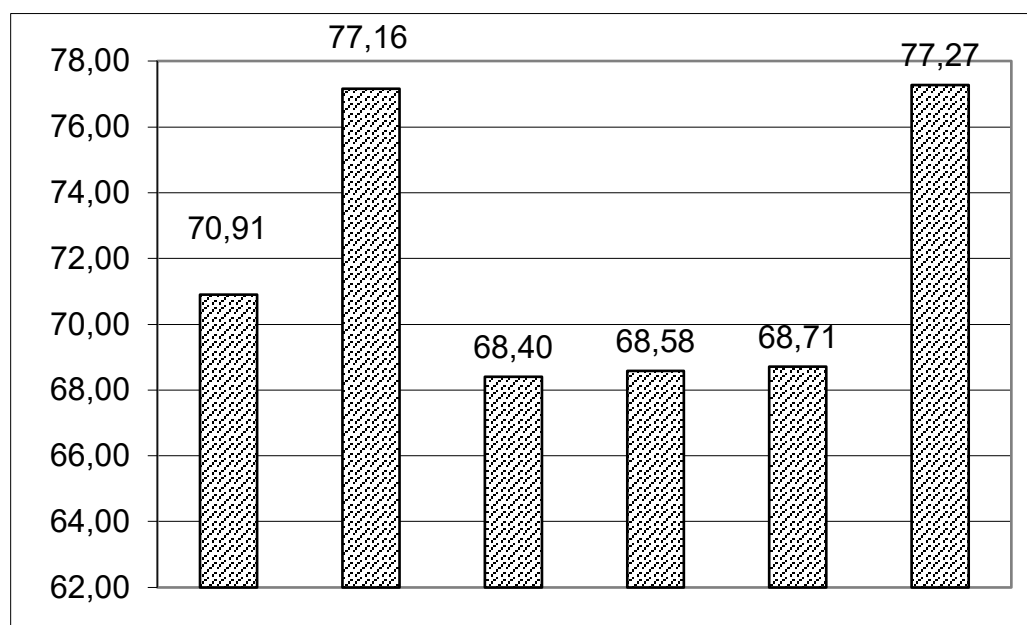


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці.

Таблиця 4.2 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	0,12	1	0,12	0,4714	0,7091
010	0,35	1	0,35		0,7716
015	0,887	1	0,887		0,684
020	0,725	1	0,725		0,6858
025	0,644	1	0,644		0,6871
035	0,096	1	0,096		0,7727

4.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

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

$$P = C_{пр} \cdot \Phi_d \cdot K_z / \Phi_v \cdot K_m \quad (4.6)$$

де $C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів, шт;

Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

K_m – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на токарно-револьверному верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,354 / 1 \cdot 1840 = 0,385$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

Таблиця 4.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{\text{пр}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	K_z	K_m	P , чол	$P_{\text{пр}}$, чол
Фрезерно-центрувальний	1	1840	0,12	1	0,13	1
Токарно-револьверний з ЧПК	1		0,35	1	0,385	1
Зубофрезерний	1		0,887	1	0,98	1
Зубозаокруглювальний	1		0,725	1	0,8	1
Зубошевінгувальна	1		0,644	1	0,714	1
Токарна з ЧПК	1		0,096	1	0,1	1

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

Згідно таблиці 4.3 сума всіх основних робочих -6 чол.

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

$$P_{\text{др}}=(0,2\dots0,25)\cdot6=1,2\dots1,5$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

$$P_{\text{ІТР}}=(0,15\dots0,21)\cdot6=0,96\dots1,26$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

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

$$P_{\text{СКП}}=0,022 \cdot 6=0,132$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (6+1+1+1)=0,18$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 4.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			6
Допоміжні робітники	20...25%	1,2-1,5	1
ІТР	15...21%	0,9-1,26	1
СКП	2,2%	0,132	1
МОП	2%	0,18	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 6 металорізальних верстатів, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Як показали розрахунки використання

даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

4.4 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопоток масою:

$$Q_{\text{заг}} = 1,04 \cdot 26821 = 27893 \text{ (кг)}$$

Потім він надходить на обробку до багатоцільового верстата з ЧПК. Після обробки на них частина металу йде в стружку, а заготовки переміщуються для подальшої обробки до багатоцільового верстата. Після закінчення механічної обробки до відділу контролю та до проміжного складу надходить вантажопотік деталей:

$$Q_{\text{дет}} = 0,41 \cdot 26821 = 10996 \text{ (кг.)}$$

Відповідно маса стружки:

$$Q_{\text{стр}} = 27,893 - 10,996 = 16,897 \text{ (т)}$$

4.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Маса вантажопотоків дільниці розраховується за наступною формулою:

$$Q = N_{\text{прив}} \cdot (m_{\text{дет}} + m_{\text{заг}} + m_{\text{стр}}), [\text{кг}] \quad (4.13)$$

де $N_{\text{прив}}$ – приведена програма, шт.;

$m_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

$m_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

$m_{\text{стр}}$ – маса стружки, кг.

$$Q = N_{\text{прив}} \cdot (m_{\text{дет}} + m_{\text{заг}} + m_{\text{стр}}) = 26821 \cdot (27,89 + 10,99 + 4,6)16,89 = 349273 (\text{кг}).$$

Тривалість одного рейсу електрокрана:

$$T_{\text{ТР}} = \frac{\frac{40}{115} + 4 + 4}{60} = 0,14 \text{ (год)}.$$

Кількість транспортних засобів:

$$K_{\text{тра}} = \frac{0,14 \cdot 349273}{60 \cdot 2080 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 0,65 \cdot 0,4} = 0,11$$

Приймаємо 1 електровізок, який буде завантажений на 11 %, а для того, щоб не було простою транспортного засобу він буде застосовуватись для перевезення вантажів на інших ділянках.

Наближено кількість мостових кранів в прольоті визначають в залежності від довжини прольотів, що обслуговується:

для механічних та складальних цехів приймають 1 кран на 30-50 метрів довжини прольоту.

4.5 Розробка плану розташування обладнання

При виборі варіанту розташування обладнання найдоцільніше розміщувати верстати в порядку технологічного процесу. Оскільки габарити верстатів дозволяють то вони будуть розташовані фронтальною стороною до проїзду, це оптимальний варіант, який забезпечує досить легкий доступ до верстата робітникові, відносно легко організувати подачу заготовок та вивіз оброблених деталей.

4.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

На операціях використовуються верстати що відносяться до середніх (масою до 10 тонн) і тому питома площа може бути прийнята в межах 15-25 м².

Приймаємо питому площу (з урахуванням габаритних розмірів верстатів) 25м².

Отже, виробнича площа дільниці складає

$$25 \cdot 6 = 150 \text{ (м}^2\text{)}$$

Площу відділення для переробки стружки, приймаємо 3% від виробничої площі, тобто для обслуговування проектованої дільниці:

$$S_{\text{струж.}} = 0,03 \cdot 150 = 4,5 \text{ м}^2$$

Площу відділення для приготування ЗОР приймаємо для всього цеху – 70 м², площу складу масел – 10 м².

Кількість контролерів приймаємо в межах 10% від кількості основних робітників ($6 \cdot 0,1 = 0,6$), тобто 1 контролер. Площа на одного контролера 6 м², отже всього $S_{\text{контр.}} = 6 \text{ м}^2$.

Площа для складування заготовок на дільниці

$$S_{\text{скл.з}} = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{12.8 \cdot 1,3 \cdot 10495 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 1000} = 8.77 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Склад заготовок на дільниці не передбачається, його планується розташувати в структурі цеху. Для дільниці передбачається лише площадка для зберігання партії деталей, яка поступає на обробку (за зміну).

Тоді площа

$$S_{\text{скл. площ. з}} = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{12.8 \cdot 1.3 \cdot 124 \cdot 0.5}{0.5 \cdot 3 \cdot 0.3 \cdot 1000} = 3.3 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Приймаємо 2,22 м².

Аналогічно розраховуємо площу складу готових деталей (для цеху)

$$S_{\text{скл. дет}} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{12.8 \cdot 10495 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0.3} = 4.7 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір площадки на ділянці

$$S_{\text{скл. площ. дет}} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{12.8 \cdot 124 \cdot 0.5}{0.5 \cdot 3 \cdot 0.3} = 1.76 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір площадки під проміжний склад для цеху

$$S_{\text{скл. проміжн.}} = \frac{0.0128 \cdot 1.08 \cdot 10495 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0.3} = 5.1 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір площадки під проміжний склад для ділянки

$$S_{\text{скл. площ. проміжн}} = \frac{0.0128 \cdot 1.08 \cdot 124 \cdot 0.5}{0.5 \cdot 3 \cdot 0.3} = 1.9 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площа інструментально-роздавального складу, що виділяється на розглядувану ділянку складає:

- для зберігання різального та допоміжного інструменту $2 \cdot 0.6 = 1.2 \text{ м}^2$.
- для зберігання вимірювального інструменту $2 \cdot 0.2 = 0.4 \text{ м}^2$.
- для зберігання пристосувань $2 \cdot 0.65 = 1.3 \text{ м}^2$.

Всього $S_{\text{ІРК}} = 2,9 \text{ м}^2$.

На ділянці безпосередньо передбачаються лише площадки для зберігання заготовок, під проміжний склад та готових деталей:

$$S_{\text{скл. площ. з}} = 3,3 \text{ м}^2, S_{\text{скл. площ. проміжн}} = 1,76 \text{ м}^2, S_{\text{скл. площ. дет}} = 1,9 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Всі решта допоміжних приміщень передбачаються в структурі цеху. Площі, які потрібні для даної ділянки розраховані і вказані вище.

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

Під організацією робочого місця розуміється система заходів по оснащенню робочого місця засобами і предметами праці. Їх розташування на робочому місці в певному порядку.



Рисунок 4.3 – Планування робочого місця

Основною задачею правильної організації робочого місця є досягнення високої продуктивності праці при найменших затратах фізичної та нервової енергії виконавця і максимальної економії виробничої площі при дотриманні вимог безпеки праці.

Основними елементами організації робочого місця є його планування та оснащення. Планування робочого місця – це раціональне просторове розміщення в зоні прикладення праці обладнання, оснастки та пристосувань. Приклад планування робочого місця верстатника на нашій ділянці показано на рис. 4.3.

Роботи по обслуговуванню робочого місця верстатника виконуються допоміжними робітниками. Система обслуговування робочого місця централізована і виражається в попередньому комплектуванні робочої документації, інструментів та пристосувань, комплексного виконання налагоджень, зміни інструмента та ремонту. Обслуговування здійснюється переважно в підготовчу зміну. Розрахунковою основою планового обслуговування є календарно-планові нормативи.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

В магістерській роботі розглядається процес обкочування поверхні. Це дозволяє збільшити твердість, зменшити шорсткість отриманої поверхні.

Ступень новизни науково-дослідної роботи складає 30 балів, 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 5.1 – 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.

5.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

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. Практична здійсненність (розробка документів)	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.

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.

5.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

5.3.1 Витрати на оплату праці

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

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (5.1)$$

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 5.2 – 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 5.2.

$$Z_o = \sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ [грн]} \quad (5.2)$$

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), 8000 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.

$$C_5 = 2481 \cdot 1,7 \cdot 1,8 / 22 \cdot 8 = 43,14 \text{ (грн./год.)}.$$

Таблиця 5.3- Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Багатоцільова з	0,2745	5	43,14	10,83
Свердлильна з ЧПК	0,0027	5	43,14	0,11
Всього				10,94

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

$$З_p = 10,94 \cdot 6624 = 72468,32 \text{ (грн.)}$$

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

$$З_d = (0,1...0,12) \cdot З_o .$$

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

5.3.2 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:

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

5.3.3 Сировина та матеріали

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

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (5.4)$$

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

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40Х і відповідно отримаємо:

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

А для всієї партії:

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

Таблиця 5.4 - Витрати на матеріал

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

5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

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

$$K_{\text{в}} = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (5.5)$$

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

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

K_u — коефіцієнт транспортних витрат, 1.1

Таблиця 5.5 – 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
Ролики обкатні	2	650	1300
Всього			19140

В якості спецустаткування використовується пристосування для обкочування деталей вартістю 12000 грн.

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

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 5.6 – 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
Багатоцільовий з ЧПК	350 000	12	0,33	805
Всього			281405	

5.3.5 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i U_e K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

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

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

U_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:

$$U_e = (U_{ont} + U_{rozn} + U_{post}) (1 + \frac{ПДВ}{100\%})$$

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

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

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

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

Таблиця 5.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встано- влена потуж- ність, кВт	Трива- лість роботи	Сума, грн
Багатоцільовий	10	0,2745	18,37
Багатоцільовий	10	0,0027	0,18

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

$$V_{cb}=0,22 (24545,45+72468,32)=21343,03$$

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:

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

5.4 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.

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

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 2624 шт; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 4000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 5150 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу 250 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2025 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

У 2029 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n (\Delta \Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (5.13)$$

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

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

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

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

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

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

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

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \quad (5.7)$$

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

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

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

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

$$ПП = \frac{25911369,67}{(1 + 0,1)^2} + \frac{25911369,67}{(1 + 0,1)^3} + \frac{25911369,67}{(1 + 0,1)^4} + \frac{25911369,67}{(1 + 0,1)^5} = 7467539,26 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

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

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (5.8)$$

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

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

Для нашого випадку:

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

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

$$\tau = d + f, \quad (5.9)$$

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 ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

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

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування та досліджено конструкції обкатників, які використовуються на сучасному етапі. Досліджено процес суміщеної оброки: точіння та обкочування поверхонь .

Досліджено вплив параметрів процесу ППД на стан поверхневого шару та відповідно технологічну спадковість виробу, та рекомендовано параметри обробки інструментом, для забезпечення оптимальних значень твердості, шорсткості, залишкових напружень.

Розроблені рекомендації з обкочування використано при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Вал» визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним.

Проаналізувавши способи отримання заготовки за кількісними і якісними показниками та провівши техніко – економічний розрахунок вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки – прокат; розроблено маршрут механічної обробки даної деталі, також розглянуто відомі маршрути механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва; виконано розмірний аналіз технологічного процесу, складена схема технологічного процесу, похідний, вихідний графі – дерева та суміщений граф, визначено режими різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів та технічні норми часу для всіх операцій; розраховано дільницю механічної обробки деталі «Вал», на якій буде знаходитися 6 верстатів.

Обладнання для обробки заготовки було вибрано з урахуванням нових тенденцій обробки металу різанням, з урахуванням можливості використання високопродуктивних методів обробки. Саме тому акцент було зроблено на виборі верстатів з ЧПК. Вибір моделей верстатів, способів виготовлення заготовки виконаний на основі техніко-економічних розрахунків, що дало можливість вибрати оптимальний варіант.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
2. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
3. Огородніков В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різових канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородніков, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.
4. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу: https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANGsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUE_nX2QPlMyQUaAjmLEALw_wcB
5. FlowVision [Електронний ресурс].–Режим доступу: <https://sapr.ru/article/21879>
6. ANSYS documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sharcnet.ca/help/index.php/ANSYS>
7. Prediction of shrinkage and warpage in consideration of residual stress in integrated simulation of injection molding. Computer Aided Materials Processing Laboratory ME3227, Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 373-1 Gusongdong, Yuseong, Taejeon 305-701, South Korea
8. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.
9. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/ П.П.Мельничук, А.І.Боровик, П.А.Лінчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с
10. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О.Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
11. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Лінчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с

12. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.
13. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літні заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
14. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
15. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с
16. 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.
17. 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.
18. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>.

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 41.12"

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
 (БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності

	Схо- жість	
Оригінальність		
<u>74</u>		<u>26</u>

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.

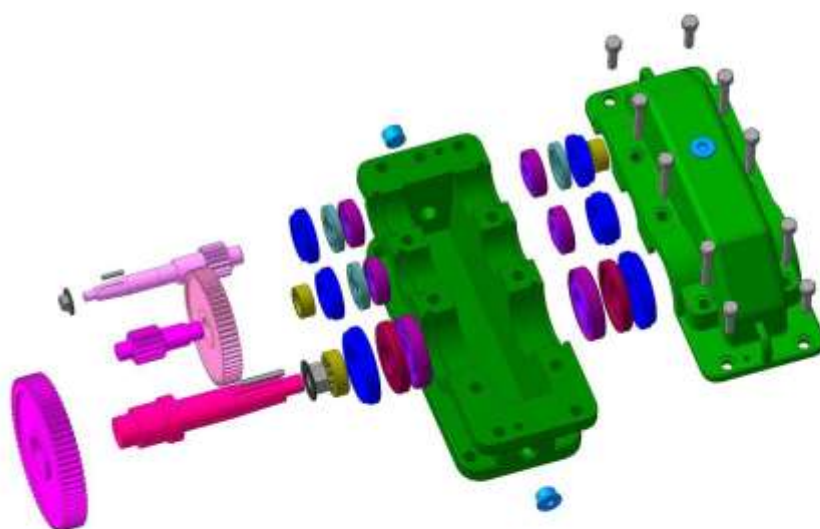
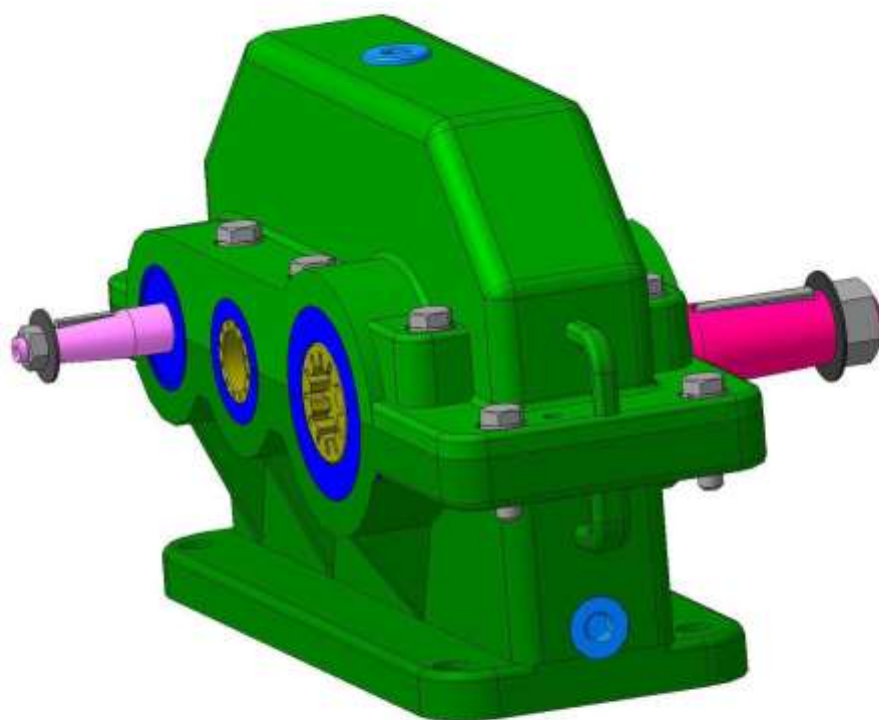
Особа, відповідальна за перевірку	<u>Сердюк О.В.</u>
(підпис)	(прізвище, ініціали)

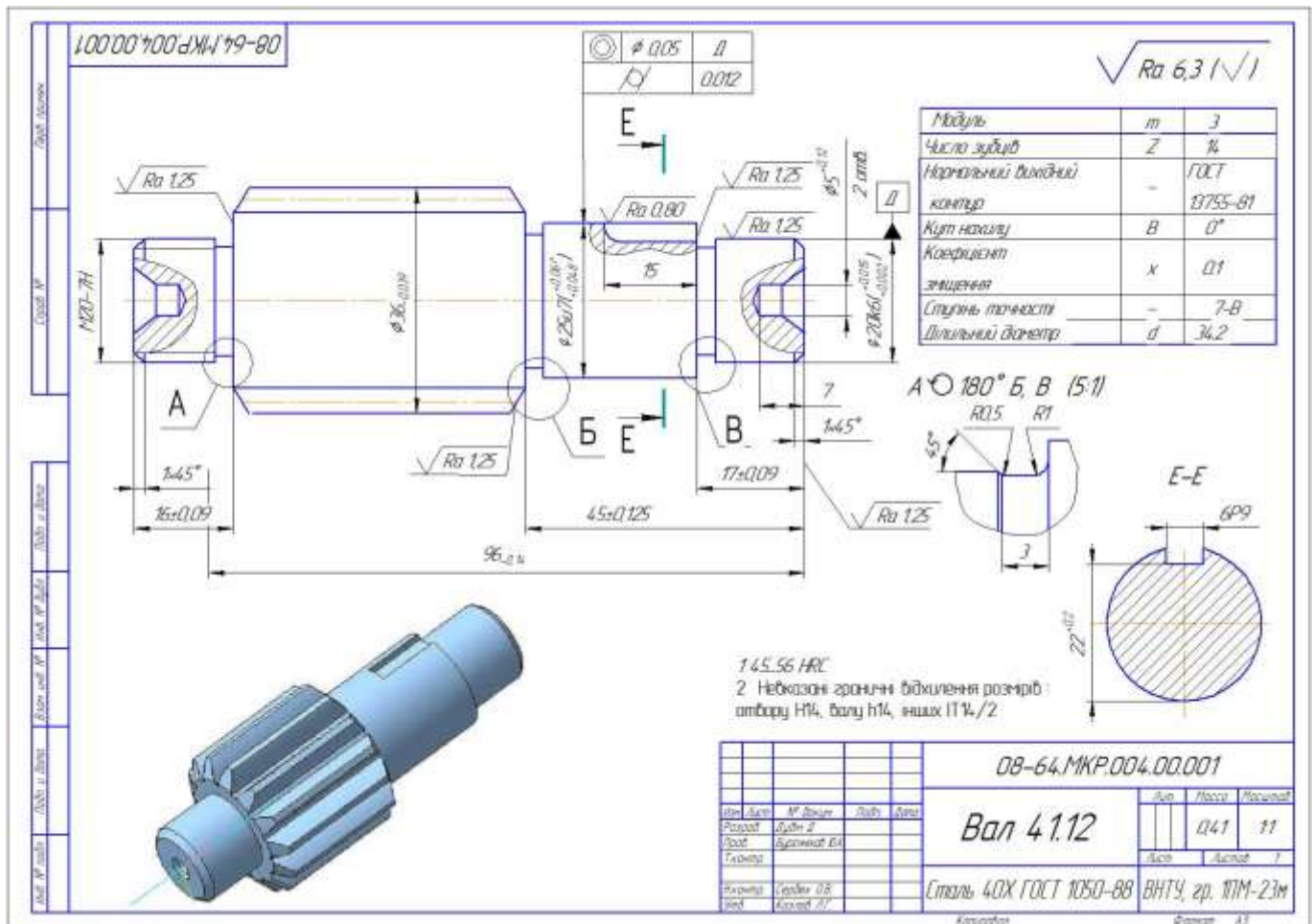
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою turnitin щодо роботи.

Автор роботи		<u>Дудін Д.</u>
(підпис)		(прізвище, ініціали)
Керівник роботи		<u>Сердюк О.В.</u>
(підпис)		(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Графічна частина

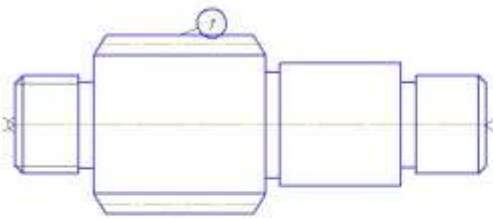
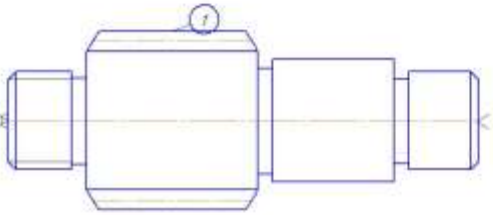
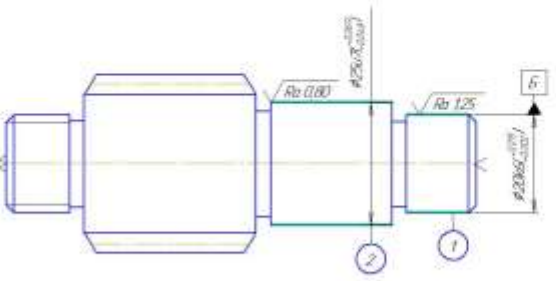




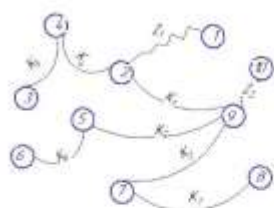
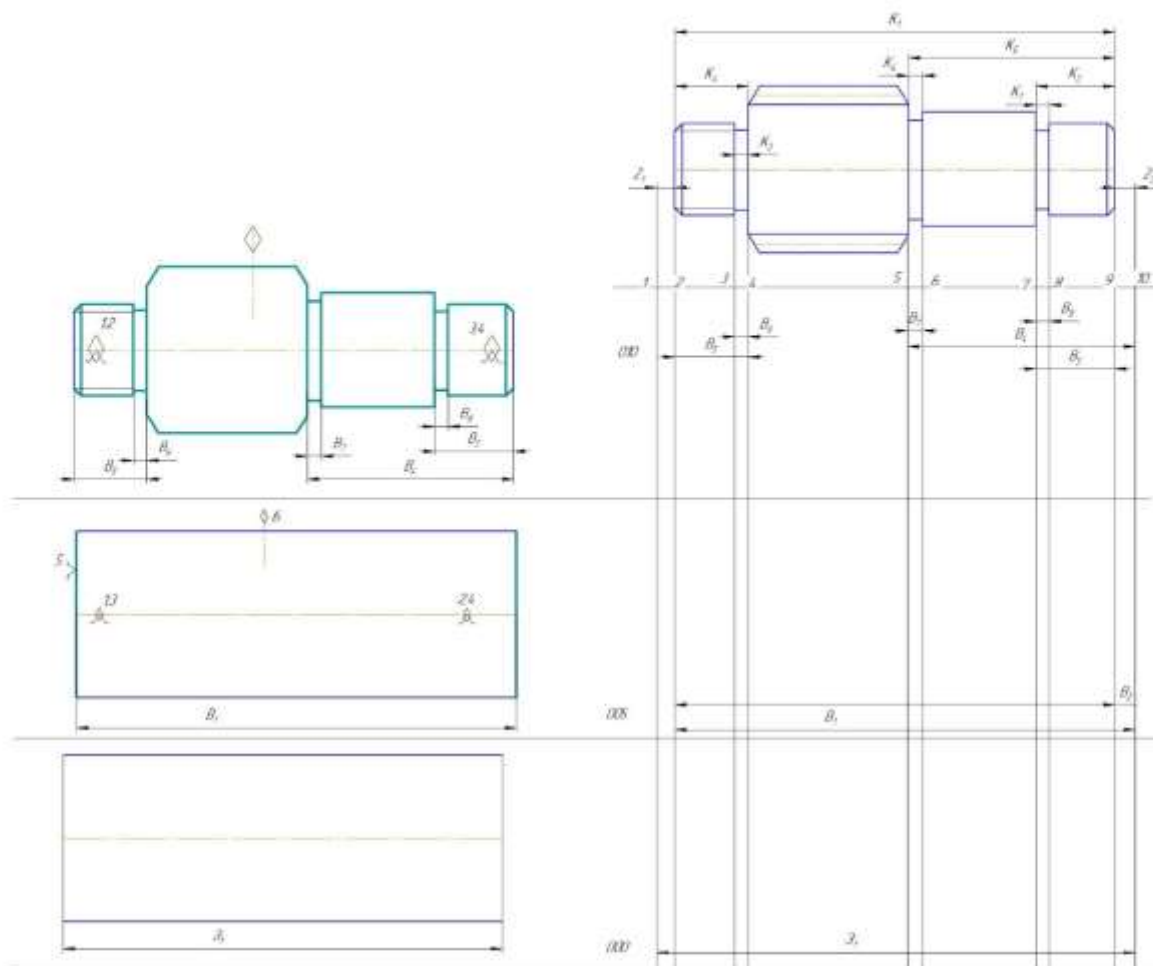
[illegible]

Маршрут механічної обробки

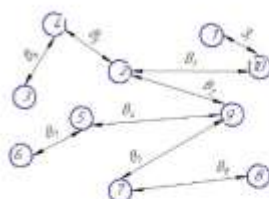
№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	Фрезерно-центрувальна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 3 Центрувати отвори 3 та 4 витримуючи розміри вказані на ескізі 4 Зняти заготовку	Невказані графічні відхилення розмірів отвору H8, валу h7, нмкн IT14/2	Фрезерно-центрувальний 24931
010	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1, 2, 3 з підрізкою торців попередньо в розмірі 20,625(+0,35)/25,625(+0,35) 36,625(+0,35) 3 Точити поверхні 1, 2, попередньо в розмірі 20,2(+0,087) та 25,2 (+0,087) та поверхню 3 остаточно в розмір згідно ескізу з підрізкою торців 4 Точити поверхню 4 попередньо в розмір 20,625(+0,35) 5 Точити поверхню 4 попередньо в розмір 20,2(+0,087) 6 Точити канавки 5, 6 та 7 витримуючи розміри вказані на ескізі 5 Точити остаточно поверхні 1 та 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 6 Нарізати на поверхні 4 різь витримуючи розміри вказані на ескізі 7 Зняти заготовку	Невказані графічні відхилення розмірів отвору H8, валу h7, нмкн IT14/2	Токарно-револьверний з ЧПК 1П4.20ПФ30
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати паз 1 3 Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6РІЗФ3
020	Зубофрезерна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати зубці 3 Зняти заготовку		Зубо-фрезерний 53071

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
025	Зубозаокруглювальна 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Заокруглити зубці 3. Зняти заготовку		Зубо-заокруглювальний 5A312
030	Зубошведінгувальна 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Шведінгувати зубці 3. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 125}\sqrt{f}$  Невказані граничні відхилення розмірів: отвори IT9, валу IT8, інших IT9/2	Зубо-шведінгувальний 5702
035	Термічна		
040	Точарна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Обкатити поверхню 1 3. Обкатити поверхню 2 4. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 125}\sqrt{f}$  Невказані граничні відхилення розмірів: отвори IT9, валу IT8, інших IT9/2	Точарний високої точності МБ60КФ3

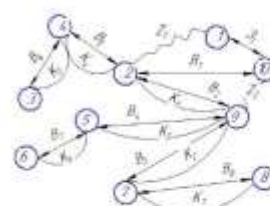
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Спрощений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірів технологічних заготовок

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_1 - K_1 = 0$	$B_1 = K_1$	B_1
2	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	B_2
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	B_3
4	$B_4 - K_4 = 0$	$B_4 = K_4$	B_4
5	$B_5 - K_5 = 0$	$B_5 = K_5$	B_5
6	$B_6 - K_6 = 0$	$B_6 = K_6$	B_6
7	$B_7 - K_7 = 0$	$B_7 = K_7$	B_7
8	$B_8 - K_8 = 0$	$B_8 = K_8$	B_8
9	$B_9 - K_9 = 0$	$B_9 = K_9$	B_9
10	$B_{10} - K_{10} = 0$	$B_{10} = K_{10}$	B_{10}

Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	1,5	2,03
Z_2	1,5	2,35

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

Позначення	Технологічний розмір	Допуск	Позначення	Технологічний розмір	Допуск
B_1	93,39	0,25	B_1	93,39	0,25
B_2	94,6	0,29	B_2	94,6	0,29
B_3	89,86	0,14	B_3	89,86	0,14
B_4	16,91	0,18	B_4	16,91	0,18
B_5	44,875	0,25	B_5	44,875	0,25
B_6	15,91	0,18	B_6	15,91	0,18
B_7	2,65	0,1	B_7	2,65	0,1
B_8	2,65	0,1	B_8	2,65	0,1
B_9	2,65	0,1	B_9	2,65	0,1

