

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»  
на тему:

Удосконалення технології отримання заготовки і виготовлення деталі типу  
«Кришка 35.40» з використанням CALS-технології  
08-26.МКР.018.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»  
Степанківський С.В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ

Буренніков Ю.А. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вінниця ВНТУ - 2020 року

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«05» жовтня 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Степанківський Сергій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології отримання заготовки і виготовлення деталі типу «Кришка 35.40» з використанням CALS-технології  
керівник МКР Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Проф. Буренніков Ю.А.		
Економічна частина	Проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Віштак І.В.		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	15.10	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10	
4	Розв'язання поставлених задач	20.11	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11	
8	Попередній захист МКР	27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР		

Студент \_\_\_\_\_

Степанківський С.В.

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Буренніков Ю.А.

## АНОТАЦІЯ

Степанківський С.В. Удосконалення технології отримання заготовки і виготовлення деталі типу «Кришка 35.40» з використанням CALS-технології – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 120с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки, запропоновано використати обкочування як фінішну обробку, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована дільниця механічної обробки; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

## ABSTRACT

Stepankivsky SV Improving the technology of obtaining the workpiece and manufacturing parts such as "Cover 35.40" using CALS-technology - Vinnytsia: VNTU, Department of TAM, 2020 - 120p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work, the modernization of the technological process of machining was performed, it is proposed to use rolling as a finishing treatment, namely: the analysis of construction and manufacturability of the part, the method of manufacturing the workpiece, the analysis of technological process and the established technological sizes, the sizes of allowances and preparations, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the section of machining is designed; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТВЕРДІСТЬ ТА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКОЧУВАННІ ТОРОЇДАЛЬНИМ РОЛИКОМ ІЗ ГВИНТОВОЮ РОБОЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ	11
1.1 Аналіз впливу параметрів процесу на інтенсивність зміцнення та накопичення пошкоджень	11
1.2 Моделювання процесу обкочування заготовки роликом	19
1.3 Висновки	22
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	23
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	57
2.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	62
2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	67
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	70
2.11 Проектування ділянки механічної обробки	72
2.12 Висновки	80

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	81
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84
3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	86
3.4 Виявлення основних конкурентів.....	88
3.5 Обрання методу ціноутворення.....	90
3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	94
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	96
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	98
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.11 Висновки.....	103
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	104
4.1 Аналіз умов праці.....	104
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	108
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.4 Дослідження стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...	112
4.5 Висновки.....	114
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	120
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

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

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 35.40» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка 35.40»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кришка 35.40»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 35.40» з використанням обкочування, як фінішної обробки;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;



- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 35.40».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 35.40»; метод кінцевих елементів, о дозволив дослідити процес обкочування.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика дослідження процесу обкочування деталі роликком, для забезпечення точності та шорсткості поверхні.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 35.40» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

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

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2020 р.)

*Публікації.* Оpubліковано тезу доповіді:

- Дослідження процесу обкочування гвинтовим роликком [Електронний ресурс] / В.В. Степанківський С.В., Янчук Д.І. // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р. – 2021.

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТВЕРДІСТЬ ТА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКОЧУВАННІ ТОРОЇДАЛЬНИМ РОЛИКОМ ІЗ ГВИНТОВОЮ РОБОЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

Велика кількість деталей машин працює в умовах зношування. Ці деталі, як правило, обкочують роликami або кульками. Обкочування деталей із середньовуглецевої сталі забезпечує підвищення зносостійкості у порівнянні із шліфуванням в 1,5 – 2,5 рази, а в порівнянні із поліруванням - в 1,3 – 1,6 разів (при однаковій шорсткості поверхні). Аналогічні результати по підвищенню зносостійкості при обробці майже всіма методами поверхневого пластичного деформування, крім деяких ударних, коли шорсткість поверхні збільшується (обробка дробом, чеканка).

Однак необхідно відмітити, що при одному і тому ж рівні зміцнення, яке залежить від величини накопиченої пластичної деформації, величина використаного ресурсу пластичності в металі поверхневого шару буде різною, так як величина використаного ресурсу пластичності залежить від умов, в яких протікає поверхнева пластична деформація. В даний час встановлено, що якщо величина використаного ресурсу пластичності перевищує значення  $\Psi \geq 0,5 - 0,6$ , то при одному і тому ж ступені зміцнення та однаковій шорсткості, довговічність деталі зменшується на 60% - 80%.

1.1 Аналіз впливу параметрів процесу на інтенсивність зміцнення та накопичення пошкоджень

Однією із важливих задач при виготовленні деталей є забезпечення високої якості робочих поверхонь і покращення фізико-механічних характеристик поверхневого шару їх матеріалу. Одним із найбільш економічних та ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням (ППД), яке дозволяє повніше реалізувати потенційні властивості конструкційних матеріалів в реальних деталях складної будови та в деталях з концентраторами напружень.

Поверхнєве пластичне деформування – розповсюджений і ефективний спосіб підвищення несучої здатності металевих деталей машин, який переважно застосовують, як кінцеву операцію.

Найвагомий ефект зміцнення від застосування ППД досягається для циклічно навантажених деталей з конструктивними або експлуатаційними концентраторами напружень. ППД ефективно також і по відношенню до деталей, що піддаються при експлуатації зношуванню.

Поверхнєве деформування поверхневих шарів здійснюють різноманітними способами, які згідно з [2] можна поділити на дві групи. До першої відносять такі, що передбачають створення зусилля деформування від інструмента шляхом безперервного контакту з деталлю (статичні), до другої – ті, при яких здійснюється ударна дія по деталі робочих тіл або інструмента (динамічні). Не дивлячись на різноманіття способів ППД, їх поєднує спільність основних процесів та впливів на стан металу та оброблюваної поверхні. При різних умовах оброблювання проявляються або неперервні, або дискретні особливості матеріалів.

В результаті зміцнення поверхневих шарів при поверхневому деформуванні можна забезпечити покращення фізико-механічних властивостей металу внаслідок структурних перетворень, подрібнення зерен, а також формування в поверхневому шарі залишкових напружень стиску, що виникають за рахунок розвитку зсувів кристалічної ґратки. Експлуатаційні властивості деталей визначаються цими спільними факторами. Крім того відбувається покращення якості поверхні, що проявляється в зменшенні висоти нерівностей, більш похилої їх конфігурації, що важливо, наприклад, для поверхонь пар тертя.

В залежності від форми, розмірів, матеріалу деталі, вимог, що висуваються до геометричних параметрів та якості поверхні, виробничих та інших умов можуть застосовуватися різноманітні способи зміцнювального оброблювання ППД. Вони відрізняються за схемами силової дії на оброблювану деталь, продуктивністю, економічністю та іншими показниками (рис. 1.1). Як спільні класифікаційні ознаки можна використовувати швидкість деформування; схему контактування

деформуючих тіл з поверхнею деталі; форму робочої ділянки деформуючого тіла; зв'язок деформуючих тіл з джерелом руху” спосіб передачі енергії до інструмента.

Найбільш розповсюдженим способом зміцнення пластичним деформуванням поверхні є обкатування деталей роликми. У той же час широко впроваджується обкатування пружними кульками, зміцнення дробеструйним і відцентрово-кульковим наклепом, зміцнення карбуванням. В останні роки усе ширше застосовується поверхнева термомеханічна обробка.

Деформація металу при обкатуванні починається з удавлення ролика в поверхню деталі. Вихідний контакт ролика з деталлю в залежності від конфігурації контактуючих тіл може бути крапковим або лінійним. Під дією прикладеної сили ролик вдавлюється в деталь, утворюючи на її поверхні відбиток, форма якого відіграє важливу роль у наступному процесі пластичної деформації при обкатуванні.

Відбиток еліптичної форми утвориться при обкатуванні деталі довільної форми роликком кругового профілю, якщо радіус його кривизни не дорівнює радіусові кривизни деталі, узятому з протилежним знаком. Ролики з робочим профілем, обкресленим в осьовому перерізі по окружності, тобто виготовлені у формі тора, бочки або сфери (зокрема, кульки), мають переваги, що забезпечують їм широке застосування у виробничій практиці.

Застосування роликів, що мають лінійний контакт із деталлю, для обкатування з подовжною подачею вимагає вживання заходів, що знімають концентрацію контактних напруга на краю відбитка, протилежному напрямкові подачі; у цьому місці припиняється контакт деталі з роликком і остаточно формується обкачана поверхня.

Деформація поверхні залежить від сили обкатування, профільного радіуса ролика, подачі, співвідношення діаметрів деталі і ролика.

Найбільші деформації поверхні, що приводять до неприпустимого зменшення діаметра деталі (утворенню западини), спостерігаються на початку обкатування поверхні. Глибина западини залежить від сили, радіуса профілю ролика і подачі; вона невелика при використанні роликів з великим профільним радіусом, характерним для чистового обкатування, і може досягати десятих часток міліметра при зміцненні.

Ширина западини росте в міру збільшення сили обкатування і зменшення твердості матеріалу деталі. Цю величину важливо знати при проектуванні технологічного процесу зміцнюючого обкатування, щоб вивести западину за межі, де необхідні точні розміри зміцнюючої ділянки вала. Узагальнення дослідних даних дозволило

Розглядаючи шорсткість поверхні як відхилення від номінальної форми деталі, можна говорити про обкатування роликками як про ефективний спосіб уточнення мікропрофілю деталей машин.

При зміцнюючому обкатуванні підвищується твердість поверхні, з'являються стискаючі залишкові напруги, збільшується зміцнююча міцність деталей. Зіставлення епюр напруг з відповідними графіками розподілу твердості в поверхневому шарі обкатаних валів показує, що найбільш деформований шар металу в поверхні не є найбільш напруженим. Поблизу поверхні відзначається спад напружень. З ростом сили обкатування збільшуються товщина шаруючи зі стискаючими залишковими напругами і глибина розташування їхнього максимуму. Напруги ж у поверхневому шарі спочатку збільшуються, потім починають зменшуватися. Збільшення радіуса профілю ролика при збереженні інших елементів режиму обкатування викликає деяке зменшення товщини шару зі стискаючими напругами і глибини розташування їхнього максимуму, але разом з тим приводить до зростання напруг у зоні максимуму й у поверхні.

Поверхневу пластичну деформацію використовують для обробки різних поверхонь: циліндричних, плоских поверхонь колінчастих і шліцьових валів, зубчастих коліс, різьб та інших. Даний вид обробки забезпечує збільшення міцності і мікротвердості оброблених поверхонь, вони більш зносостійкі, ніж, наприклад, поверхні отримані за допомогою лез або абразивної обробки.

При розгляді процесу пластичної деформації поверхневого шару, зокрема при деформуванні роликом плоскій поверхні виникає цілий ряд завдань. Однією з них є визначення використаного ресурсу пластичності в поверхневому шарі. Розглянемо пластичний контакт при коченні з ковзанням жорсткого ролика вздовж плоскої поверхні ідеально-пластичного півпростору. При цьому вважаємо, що пластичне стан

в зоні контакту є стаціонарним. Початкове рішення для ковзання циліндра з пластичного напівпространству розглянуто Б. А. Друяновим і Н.М. Михиним, кочення, гладкого циліндра досліджувався Е. А. Маршалом, В. Ф. Коллінз розглядав ковзання шорсткого циліндра. В. М. Сегалом запропоновано рішення задачі при довільному терті між роликком і матеріалом. При цьому досліджувалися зусилля і момент, які діють на циліндр і розподіл контактних напружень по поверхні матеріалу, який обробляється.

Отже вплив якості поверхневого шару на довговічність деталей необхідно розглядати на основі комплексного підходу, що враховує вплив всіх факторів. Такий підхід можливий тільки шляхом аналізу пластичної течії металу в осередковій деформації, з одного боку, і врахуванням механічних властивостей металу, з іншого.

## 1.2 Моделювання процесу обкочування заготовки роликком

Для розрахунку параметрів напружено-деформованого стану поверхневого шару заготовки в процесі обкочування роликком методом скінчених елементів було розглянуто розробки, що були у вільному використанні, проте вони не давала необхідної точності.

Тому ґрунтуючись на відомих результатах моделювання процесів ОМТ методом скінчених елементів нами було вирішено для розв'язку задачі пластичного деформування поверхневого шару заготовки використовувати програму LS-DYNA. Дана програма дозволяє моделювати напружено-деформований стан під час пластичного формозмінення матеріалів, взаємодію контактних поверхонь інструмента та заготовки з врахуванням тертя.

Для цього створено 3d модель обкатника. (рисунок 1.1). За прототип конструкції була прийнята інструментальна державка із спіральною пружиною, розроблена в Ленінградській лісотехнічній академії і описана в роботі [1]. Недоліком базової конструкції є односторонність притискання ковзного струмозійомника до інструментального ролика, що погіршує електричні і механічні характеристики, порівняно із запропонованою нижче симетричною схемою розташування

струмозійомних елементів. Пристрій для електромеханічного зміцнення складається з циліндричного пустотілого корпусу 14 в якому розташований робочий шток 12. Шток сполучається з внутрішньою поверхнею корпусу по ковзній посадці з можливістю поздовжнього переміщення. Для обмеження ходу штоку служить поздовжній паз на поверхні штоку і два гвинта 15. На задню частину корпусу нагвинчується задня кришка 16. Між кришкою 16 і штоком 12 розміщена силова 17 пружина, при стисканні якої шляхом закручування кришки 16 створюється робоче навантаження до 200 Н. До корпусу пристрою приварена призматична планка 1, яка дозволяє встановлювати пристрій у різьблених утримувачі токарного верстату (рис. 3). Для електроізоляції пристрою від корпусу верстату на планку 1 одітий текстолітовий кожух 19 з кріпленням гвинтами 20. Спереду корпус пристрою закритий кришкою 13. Передній кінець штоку 12 має різьбу, на яку нагвинчується вилка 10. У вилці 10 змонтований вузол інструментального ролика 5. Рोलік 5 виготовлений з твердого сплаву ВК15 методом порошкової металургії з фінішною алмазноабразивною обробкою. Ролік 5 через бронзову втулку 6 встановлений на двох радіальноупорних підшипниках 4, які в свою чергу запресовані на вісь 8. Для електроізоляції інструментального ролика від корпусу пристрою вісь 8 опирається на дві текстолітові втулки 9, розміщені у корпусі вилки 10 і закріплені гвинтами 18. З іншого боку до ролика притиснена бронзова шайба 3. До торцевих поверхонь втулки 6 і шайби 3 щільно прилягають струмозійомники 7, виготовлені з бронзографітового матеріалу. Струмозійомники 7 через шину (на рисунку не показана) під'єднані до металеві планки 1 гвинтом 2. А планка може бути під'єднана до одного полюса електричного джерела живлення. Другий полюс джерела електричного струму під'єднаний через бронзографітовий струмозійомник до циліндричної заготовки. Таким чином пристосування може використовуватися і для електромеханічного зміцнення (обробки) (ЕМО) заснованого на поєднанні термічного й силового впливу на поверхневий шар оброблюваної деталі. Сутність цього способу [1] полягає в тому, що в процесі обробки через місце контакту інструмента з виробом проходить струм великої сили й низької напруги, внаслідок чого виступаючі гребінці поверхні піддаються сильному нагріванню, під тиском інструмента деформуються й

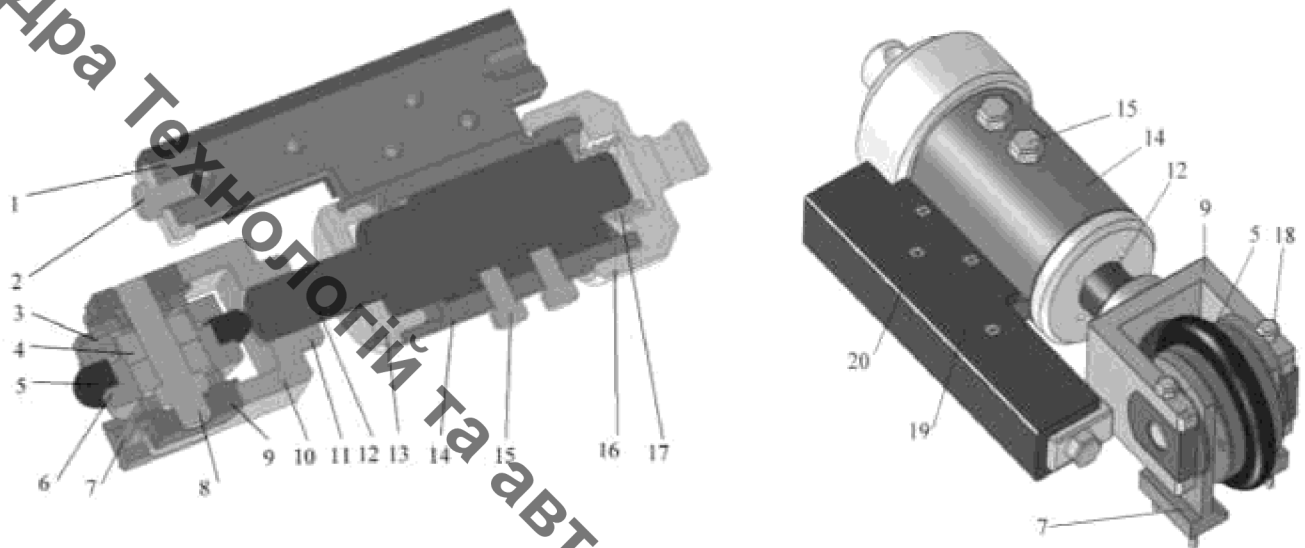


Рисунок 1.1 3d-модель обкатника

Згладжуються, а поверхневий шар металу зміцнюється. Обкатування і розкочування при ЕМО здійснюють, як правило, роликми, що чинять тиск на поверхню оброблюваної деталі. При певному (робочому) зусиллі в зоні контакту деформуючих елементів і деталі інтенсивність напружень перевищує межу текучості, внаслідок чого відбувається пластична деформація мікронерівностей, змінюються фізико-механічні властивості і структура поверхневого шару (наприклад, збільшується мікротвердість або виникають залишкові напруження в поверхневому шарі). Об'ємна деформація деталі зазвичай незначна

Таким чином, можна зробити висновок, що при аналізі процесу обкочування роликком розрахунок параметрів НДС методом скінчених елементів дає не тільки якісну, але й кількісну оцінку розподілу характеристик напружено-деформованого стану.

Моделювання проходить у кілька етапів:

- геометрична модель будується
- задаються тип матеріалів і їх властивості;
- присвоюються атрибути (матеріал, тип кінцевого елемента) елементам геометричній моделі;
- розбивається модель на кінцеві елементи (рис. 3.1);



- задаються граничні умови (закріплення моделі і діючі сили);
- вирішується завдання;
- проглядаються результати.

В даній моделі розглядається обкатка сталевого валу (Сталь 45), роликом діаметром 50мм, з профільним радіусом – 5 мм. Аналіз отриманих результатів показує, що мають місце три зони деформування [3]: область випередження область налипання або область безпосередньо контакту ролика і деталі; область відставання.

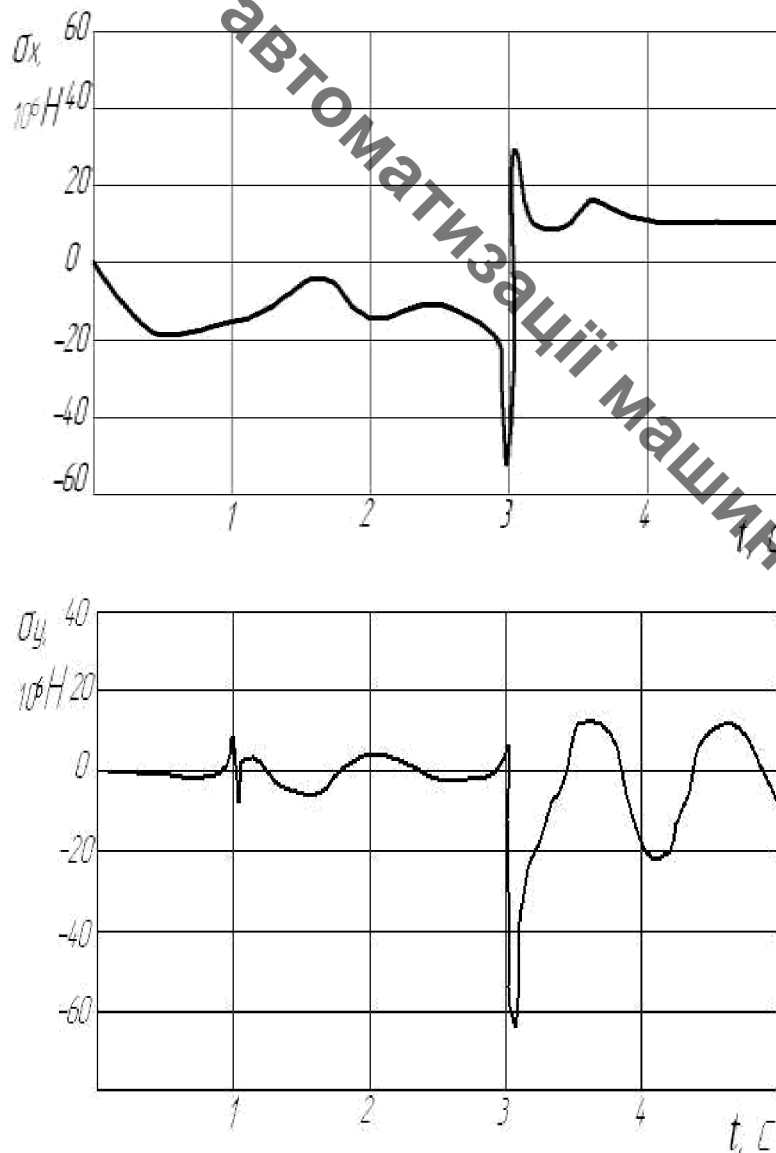


Рисунок 1.2- Нормальні напруження

У зоні пластичної хвилі відбуваються значні деформації при несприятливій схемі напруженого стану (рис.4.9). Показник напруженого стану  $\eta$  в цій зоні

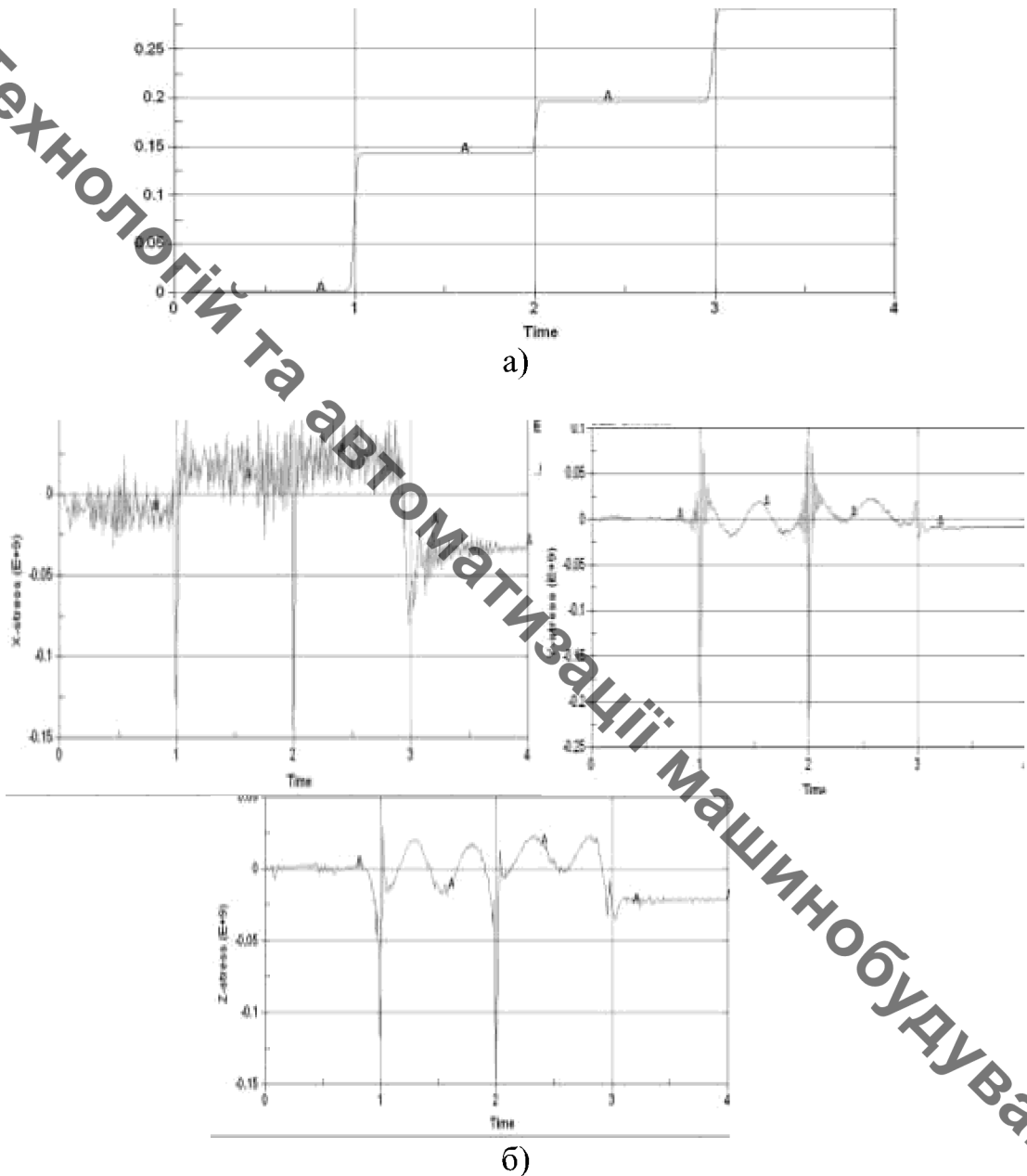


Рисунок 1.2 - Пластична деформація (а) та головні напруження (б) отримані МСЕ

змінюється від  $\eta=0,71$  до  $\eta=1,6$ , а параметра Надаї–Лоде  $\mu_\sigma$  змінюється від  $\mu_\sigma = -0,3$  до  $\mu_\sigma = -0,4$ .

В зоні контакту деталі та інструменту відбуваються основні деформації (рис. 4.10), однак збільшення використаного ресурсу пластичності незначно. У цій області показники  $\eta=-0,75\dots-0,7$ ,  $\mu_\sigma=0,2\dots 0,3$ , тобто має місце схема всебічного стиснення. При переході частки з першої в другу зону внаслідок інтенсивних деформацій в умовах гідростатичного стиску можливо заліковування деяких дефектів.

Таким чином, незворотна пошкодженість металу поверхневого шару деталі при обкочуванні відбувається в основному, в зоні пластичної хвилі, а саме в її вершині. Ця пошкодженість частково може лікуватися, а решта буде визначати експлуатаційні характеристики поверхневого шару деталі.

При переході частинки з першої в другу зону внаслідок інтенсивних деформацій в умовах гідростатичного стиснення можливо заліковування деяких дефектів. У зоні АВ відносно низький рівень приросту деформацій і відповідно зростання пошкодження незначний. (рисунок 4.13)

Таким чином, незворотня пошкодженість металу поверхневого шару деталі при обкочуванні відбувається здебільшого в зоні пластичної хвилі, а саме в її вершині. Ця пошкоджуваність частково може заліковуватися, а частина що залишиться буде визначати експлуатаційні характеристики поверхневого шару деталі.

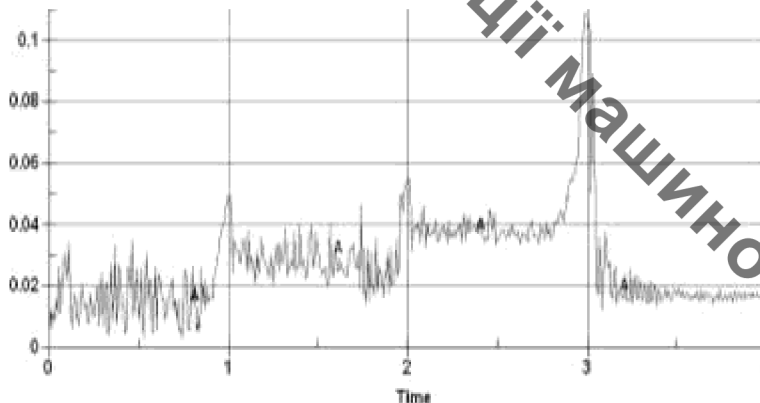


Рисунок 1.3 – Інтенсивність напружень

### 1.3 Висновки

Отже в роботі виконано чисельне моделювання процесу деформування поверхневого шару матеріалу деталей при обкочуванні роликом з використанням МСЕ, в результаті якого встановлено напружено-деформований стан матеріалу в залежності від параметрів обкочування.

Визначено напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика з довільною кривизною робочої поверхні в поверхню довільної кривизни.

Виконано дослідження процесу обкочування та визначено вплив технологічних факторів на твердість поверхневого шару та шорсткість отримуваної поверхні.

Із отриманих залежностей можна зробити висновок, що після обкочування шорсткість поверхні деталей із Сталі 3 та Сталі 20 знизилася на 1 клас, а на деталі, виготовленій із сталі 45, вдалося отримати майже дзеркальну поверхню. Крім того встановлено, що твердість зростає при повторному обкочуванні, але на величини значно менші ніж отримані після першого проходу. Наприклад, при обкочуванні сталі 45, що мала вихідну твердість 211 МПа, після одноразового обкочування було досягнуто 278 МПа, а після триразового обкочування ця величина складала 286 МПа.

Шорсткість значно знижується після першого проходу, після другого залишається майже незмінною, а вже після 3-4 проходів клас шорсткості знову зростає.

Отже потрібно комплексно підходити до вибору всіх технологічних параметрів при обкочуванні деталей, що дозволить отримати якісну поверхню після обробки

## 2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

### 2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$  – масове виробництво;

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

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Кришка” і занесені до таблиці 1.1, це:

- точіння торцю Ø126;
- точіння торцю Ø70;
- точіння поверхні Ø126;
- точіння попереднє поверхні Ø70;
- точіння остаточне поверхні Ø70.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , наприклад для точіння поверхні Ø70 і довжиною 12:

$$T_{\text{осн}}=0,18 \cdot 70 \cdot 0,001=0,2016 \text{ (хв)}$$

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

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

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

Наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 70$  отримаємо:

$$T_{\text{шт-к}}=0,2016 \cdot 1,7=0,34 \text{ (хв)}$$

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

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

де  $N = 6800$  шт. – річна програма випуску деталі “Кришка 35.40”;

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

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

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

Відповідно, наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 140$  необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1}=6800 \cdot 0,34 / 60 \cdot 2040 \cdot 0,75=0,03$$

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

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

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

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При свердління отворів він рівен 0,05.

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

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

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

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

Наприклад, при обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,03 = 29,54$$

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

$$\sum O_i = 29,54 + 26,59 + 18,38 + 3,83 + 6,7 = 85,04$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$

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

$$K_{з,о}=85,04/5=17,01$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв	фк	Тшт.к. хв	N	Ср	P	h з.ф.	O
1.	Точіння поверхні Ø70	0,2016	1,7	0,34	6800	0,025	1	0,025	29,54
2.	Точіння поверхні Ø70	0,224	1,7	0,38	6800	0,028	1	0,028	26,59
3	Точіння поверхні Ø126	0,324	1,7	0,55	6800	0,041	1	0,041	18,38
4.	Підрізати торець 126	1,55	1,7	2,64	6800	0,196	1	0,196	3,83
5	Підрізати торець 70	0,889	1,7	1,51	6800	0,112	1	0,112	6,7
	Всього			5,42			5		85,04

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 поточкову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

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

де 254 кількість робочих днів в року;



$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (2.7)$$

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

$\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,34 + 0,38 + 0,55 + 2,64 + 1,51) / 5 = 1,09 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{1,09 \cdot 0,8} = 701$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{6800}{254} = 26,77$$

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

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

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

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (12 днів).

$$n = \frac{6800 \cdot 6}{254} = 160$$

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 160 шт

### 2.3 Аналіз конструкції і технологічності деталі

На основі робочого креслення деталі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (2.10)$$

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,  $Q_e$  – загальна кількість елементів.

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

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

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності

Таблиця 2.2 – Лінійні і діаметральні розміри

Лінійний розмір	Ø126	Ø70	Ø50	Ø58	Ø17 (8 отв)	Ø11 (8 отв)	Ø57	Ø54	Ø56	Ø106
Уніфікований розмір	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лінійний розмір	45	25	14	8	3	3	45° (3 пов)	30°	20° (2 пов)	14
Уніфікований розмір	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кількість лінійних розмірів 33					Кількість уніфікованих розмірів 23					

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові			
$P_l$	$P_{l,y}$	$P$	$P_y$	Ш	Ш <sub>y</sub>
45	43	6	6	7	7
$Q_{ye}=56$ $Q_e=58$				$K_y = \frac{56}{58} = 0,966$	

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

де  $T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,  $n_i$  – кількість поверхонь деталі, що мають точність  $T_i$  квалітета.

$$T_{cp} = \frac{538}{44} = 12,23 \text{ (мкм)}$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,23} = 0,82$$

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	1 (Ø50)	7·1=7
8	8 (Ø8-8 отв)	8·8=64
9	4 (Ø140, 9, 18-2 пов.)	9·4=36
11	1 (Ø126)	11·1=11
14	30	14·30=420
Всього	44	538

3 Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.13)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

де  $Ш_K$  – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;  $n_K$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню  $R_a$ , мкм.

$$Ш_{cp} = \frac{469,15}{44} = 10,66$$

$$K_T = \frac{1}{10.66} = 0.094$$

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість $R_a$ , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	9(Ø140, Ø8 - 8 отв)	14,4
1,25	1(Ø50)	1,25
3,2	5 (Ø66, Ø126, 18-3 пов.)	16
12,5	29	437,5
Всього	44	469,15

$$Ш_{cp} = \frac{469,15}{44} = 10,66$$

$$K_T = \frac{1}{10.66} = 0.094$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Деталь містить досить зручні базові поверхні, в якості яких можуть бути використані зовнішні поверхні і отвір та торці. Задана точність поверхонь може бути досягнута на верстатах підвищеної точності. Деталь містить ряд уніфікованих елементів.

Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції.

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.

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.

Для механічної обробки важкодоступних місць не має, потреби у спеціальних пристосуваннях та вимірювальних інструментах теж немає.

Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

#### 2.4 Вибір способу виготовлення заготовки

Згідно кресленню деталь виготовляється із алюмінієвого сплаву, що визначає метод її виготовлення – лиття, так як матеріал має гарні ливарні властивості, невисоку температуру плавлення.

Деталі із даного матеріалу виготовляються для силових елементів конструкцій літаків, кузовів автомобілей, труб і т.д., для деталей що працюють при температурах до -230 град.

Виробництво серійне, тому можливі способи лиття – в піщано-глинисті, оболонкові форми, кокіль, за виплавними моделями, під тиском. Лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями – це лиття в разові форми. Лиття в кокіль – це лиття в постійні форми.

Лиття в піщано-глинисті форми – самий розповсюджений спосіб лиття. В машинобудуванні, цим способом виготовляють 75-80 % виливків (по масі). В залежності від розмірів вилівка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна одержати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. В загальному випадку литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь  $R_2 = 320-40$  мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, одержаних іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30 % маси вилівка перетворюється в стружку при механічній обробці, на що витрачається близько 25 % вироблюваної електричної енергії. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки до 5-7 %.

Переваги спеціальних способів лиття полягають не тільки в зниженні об'єму механічної обробки, але й в зменшенні маси ливникової системи і різкому зниженні витрат формувальних матеріалів.

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків.

Кокілі дозволяють одержати виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати  $R_z = 20$  мкм. В зв'язку з високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості вилівка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури) на 10-15 %, але в той час погіршується можливість виготовлення виливків з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні вилівка.

При переході з лиття в піщані форми на кокільні витрати матеріалу зменшуються на 10-20 % за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень.

Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при одержанні з кожної форми не менше 300-500 дрібних або 50-200 середніх виливків в рік, а також для виготовлення виливків простої конфігурації із мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також із сталі і чавуну.

Заміна лиття в піщані форми на кокільне при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30 % і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Витрати на організацію дільниці кокільного лиття і дільниці виливків при цьому окупаються за 2-3 місяці.

Лиття в оболонкові форми заключається в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Використання формувальної суміші, яка складається із 92-95 % дрібного кварцевого, магнізійового або цирконієвого піску і 4-6 % термореактивної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітети), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітети), так як оболонка твердіє на моделі та зберігає її розміри. Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокіль - 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до зниження її собівартості.

Враховуючи, що тип виробництва серійний обирати лиття за виплавними моделями недоцільно, оскільки це досить дорогий спосіб отримання заготовки. Оскільки маса деталі складає 0,9 кг недоцільно обирати лиття в піщано-глинисті



форми, оскільки маса деталі мала для даного способу та деталь має складну конфігурацію з тонкими стінками. Тому приймаємо до розгляду лиття в кокіль та в оболонкові форми.

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво серійне і виливок середньої складності приймаємо точніші значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (180 мм), тип матеріалу – кольоровий сплав:

лиття в оболонкові форми: (7-12) 10;

лиття в кокіль : (5-9) 7;

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 180 мм, найменший – 10 мм, отже, відношення –  $10/180=0,027$ . Відповідно для лиття в кокіль (багаторазові форми) ступінь жолоблення 4-7, приймаємо 5, для лиття в оболонкові форми (разові форми) 6-9, приймаємо 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (180 мм):

лиття в оболонкові форми: (7-13) 10;

лиття в кокіль : (5-10) 7;

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхонь виливка:

лиття в оболонкові форми 16 мкм;

лиття в кокіль: 8 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка: від 0,4 до 1 кг для обох способів і тип матеріалу.

лиття в оболонкові форми: (5т-12) 9т;

лиття в кокіль : (3-10) 7т;

Таблиця 2.6 – Параметри заготовки при литті в кокіль без піщаних стержнів

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85						Прийнято	
Клас розмірної точності	5-9						7	
Ступінь жолоблення	4-7						5	
Ступінь точності поверхонь вилівка	5-10						7	
Шорсткість повеохонь	Ra = 8 мкм							
Клас точності маси	3-10						7т	
Ряд припусків	2-5						3	
Розрахункові розміри	Ø70	Ø126	Ø50	45	25	12	Ø11	
Допуски: Розмірів	1,2	1,1	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	
Форми розміщення та	0,4	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	0,5	
зміщення через перекіс стержня	-	-	0,4	0,4	-	-	-	
Нерівностей	0,2							
Маси	6,4%							
Загальні допуски	1,6	1,4	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	
Припуски: мінімальний	0,3							
Кількість переходів механічної обробки	1	2	2	3	2	1		
по точності розмірів	1	2	2	3	2	1	2	
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	-	2	-	-	2	
Загальний припуск	1,6	1,6	1,5	1,1	1,4	1,1	1,5	
Розміри заготовки	Ø73,2	Ø129,2	Ø47	47,2	25,3	12	Ø8	

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

лиття в оболонкові форми: (3-6) 4;

лиття в кокіль : (2-5) 3;

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні.

Таблиця 2.7 – Параметри заготовки при литті в оболонкові форми

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85			Прийнято	
Клас розмірної точності	7-12			10	
Ступінь жолоблення	6-9			7	
Ступінь точності поверхонь вилівка	13			10	
Шорсткість повеохонь	Ra = 16 мкм				
Клас точності маси	5т-12			9т	
Ряд припусків	3-6			4	
Розрахункові розміри	Ø70	Ø126	Ø50	45	25
Допуски: Розмірів	3,2	2,8	1,8	2,4	2,4
Форми розміщення та	0,64	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	1,2
зміщення через перекіс стержня	-	-	1,0	-	-
Нерівностей	0,4				
Маси	12%				
Загальні допуски	3,2	3,2	2,4	2,2	2,4
Припуски: мінімальний	0,4				
Кількість переходів механічної обробки	1	2	2	2	2
по точності розмірів	1	2	2	2	2
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	-	-	2
Загальний припуск	2,3	2,5	2,4	2,8	2,8
Розміри заготовки	74,6	131	45	50,6	25

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка лиття в оболонкові форми – 12, лиття лиття в кокіль -6,4

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму, розраховується на розмір 44 . Для нього допуск вибираємо враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 4 мм.

Враховуючи , товщину найбільш тонкої стінки ( 4 мм) і беручи клас розмірної точності на 1 клас точніший отримуємо допуск на зміщення через перекос стержня - 0,4мм та 1 мм для двох способів лиття.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

лиття в оболонкові форми -0,4 мм;

лиття в кокіль - 0,3 мм.

Кількість переходів механічної обробки визначаємо в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі.

Кількість переходів для забезпечення:

– точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Мінімально допустиму товщину стінки вибирають в залежності від матеріалу виливка, його механічних та технологічних властивостей, способу лиття, конструкції, розмірів та призначення виливка. Необхідно прагнути до мінімальної товщини стінки.

Для Л58 мінімальна товщина стінки може бути прийнята 4 мм. Після формування контуру виливка в місцях переходу від одного елемента до другого

призначають радіуси заокруглень, які значною мірою визначають якість литої заготовки.

Враховуючи матеріал (алюмінієві сплави) і товщину спряжуваних стінок (не більше 4 мм) радіуси заокруглення прийняті 5 мм.

Формувальні нахили назначають на вертикальні стінки вилівка з метою полегшення виймання моделі із форми та стержня із стержньового ящика. Нахили встановлюються згідно з ГОСТ 3212-80 в залежності від розмірів, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття та виду модельного комплекту

Враховуючи, що висота основної формоутворюючої поверхні 15 мм, та використовуються металеві форми формувальний нахил складає  $1^{\circ}16'$

Мінімальний діаметр отворів, що виготовляються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегріву та пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний діаметр:

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 18 = 8,8 (\text{мм}),$$

Отже отвори не можуть біти отримані в заготовці і підлягають в подальшому механічній обробці, а всі інші отвори виливаються. При цьому при литті в кокіль виливається ступінчастий отвір, а при литті в оболонкові форми отвір діаметром  $\varnothing 50$ , оскільки при даному методі отримання заготовки виготовлення ступінчастого стержня вимагає великих затрат.

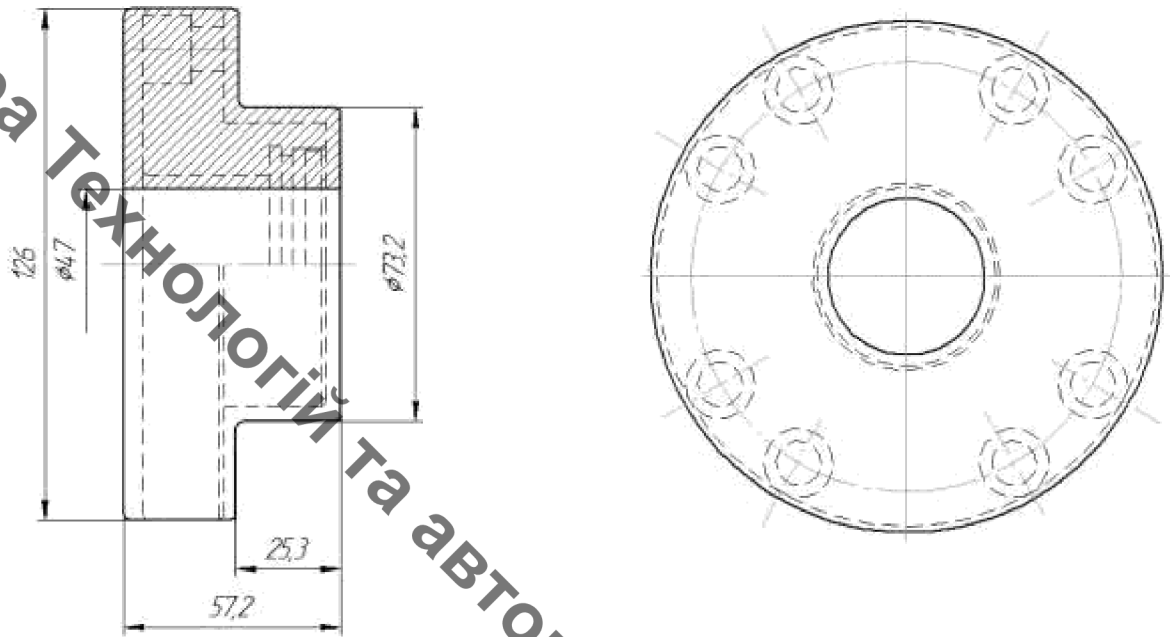


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми

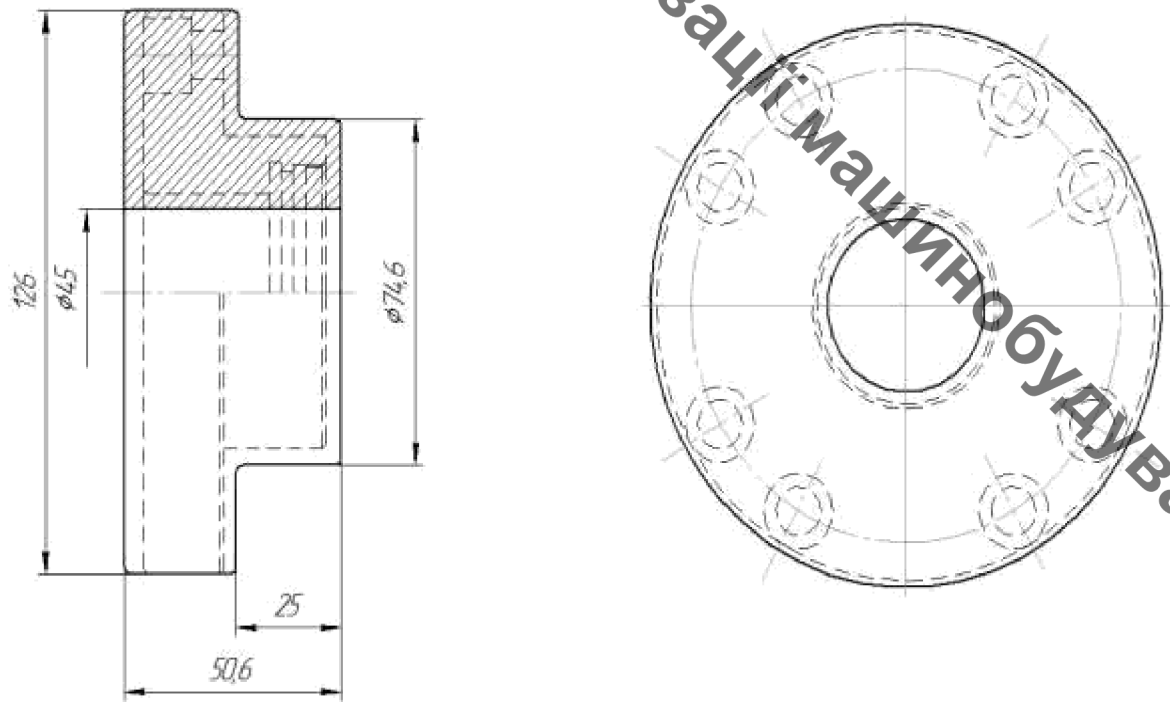


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в кокіль

Масу заготовок визначаємо за допомогою програми КОМПАС, відповідно з наведеними рисунками 3.3 та 3.4 вона складає 1,15 кг при литті в оболонкові форми та 1,02 при литті в кокіль

Заданные параметры	
Материал	Ал9 ГОСТ 1412-79
Плотность материала	$\rho_0 = 0.002750 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	
масса	$M = 1151.916436 \text{ г}$
Площадь	$S = 73837.785792 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 766151.431299 \text{ мм}^3$
Центр масс	
	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 17.581432 \text{ мм}$

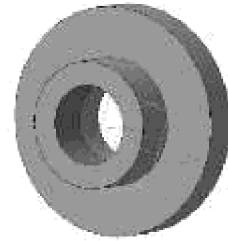


Рисунок 2.3 – Маса заготовки при литті в оболонковій формі

Заданные параметры	
Материал	Ал9 ГОСТ 1412-79
Плотность материала	$\rho_0 = 0.002750 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	
Масса	$M = 1020.950198 \text{ г}$
Площадь	$S = 72431.762144 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 644345.526513 \text{ мм}^3$
Центр масс	
	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 16.441639 \text{ мм}$

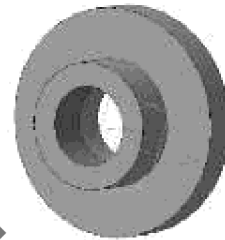


Рисунок 2.4 – Маса заготовки при литті в кокіль

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$K_{TM} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}},$$

де  $Q_{дет}$  – маса деталі, кг (приймається згідно з кресленням деталі);

$Q_{заг}$  – маса заготовки, кг.

Для лиття в оболонковій формі та в кокіль відповідно:

$$K_{TM} = 0,75/1,15 = 0,652$$

$$K_{TM} = 0,75/1,02 = 0,735$$

Собівартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{(Q_{заг} \cdot C_L \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II})}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дем}) \cdot C_{відх}}{1000}, [\text{грн}] \quad (2.15)$$

де  $C_L$  – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

Відповідно собівартість заготовки при литті в кокіль та оболонкові форми відповідно складає:

$$C_{заг.лит} = \frac{(1,02 \cdot 19200 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,0 \cdot 1,02 \cdot 1,15)}{1000} - \frac{(1,02 - 0,75) \cdot 1560}{1000} = 96,75 \text{ (грн)}$$

$$C_{заг.лит} = \frac{(1,15 \cdot 24400 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,08 \cdot 1,15)}{1000} - \frac{(1,15 - 0,75) \cdot 1560}{1000} = 34,23 \text{ (грн)}$$

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти для розрахунку собівартості заготовки

	Лиття в оболонкові форми, грн	Лиття в кокіль, грн
$C_L$	24400	19200
$K_T$	1,0	1,0
$K_M$	1,0	4,23
$K_C$	1	1,0
$K_B$	1,08	1,02
$K_{II}$	1,15	1,15

Отже собівартість лиття в оболонкові форми менша, а оскільки кількість переходів механічної обробки менша при литті в кокіль, то необхідно врахувати собівартість розточування отвору Ø50. Вартість виконуваних додатково переходів механічної обробки при використанні заготовки, одержаної литтям в оболонкові



форми:

$$C_{\text{обр}} = \frac{C_{\text{п-з}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{K_{\text{в}}}, \quad (2.16)$$

де  $C_{\text{п-з}}$  – хвилинні приведені витрати, грн.  $T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляційний час на обробку, хв.;  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт виконання норм,  $K_{\text{в}} \approx 1,3$ .

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}, \quad [\text{хв}] \quad (2.17)$$

де  $T_{\text{осн}}$  – основний час на виконання операції чи переходу механічної обробки, хв;  $\varphi_{\text{к}}$  - коефіцієнт.

Основний час на розточування отвору:

$$T_{\text{осн}} = 0,2 \cdot 126 \cdot 4 \cdot 0,001 = 0,448 (\text{хв.})$$

Тоді штучно-калькуляційний час і собівартість обробки:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,92 \cdot 0,448 = 0,86 (\text{хв.})$$

$$C_{\text{обр}} = \frac{0,86 \cdot 2,6}{1,3} = 1,72 (\text{грн.})$$

Собівартість заготовки складатиме:

$$C_{\text{заг}} = 34,23 + 1,72 = 35,95 (\text{грн.})$$

Отже економічно доцільно використовувати лиття в оболонкові форми, при цьому собівартість заготовки складає 35,95 грн.

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

Деталі типу „Кришка” широко використовуються в якості опорних елементів у виробках машинобудівного виробництва. Ці деталі мають велику різноманітність за конструкцією яка залежить від типу виробництва, умов експлуатації, конструкційних особливостей агрегату до якого кріпиться даний виріб та складових частин які кріпляться в самій „Кришці”

„Кришка ” відноситься до деталей конструкції середньої складності, які мають дві або три основних базові поверхні, частіш за все це: циліндрична поверхня для базування ущільнень та зв'язана з нею площина кріплення самого „Кришки” до агрегатів чи станини. Кріпильна площина або площини як правило розташовуються паралельно до вісі основного базового отвору. В залежності від цього будуть формуватися особливості конструкції виробу та вимоги до допусків форми та розміщення.

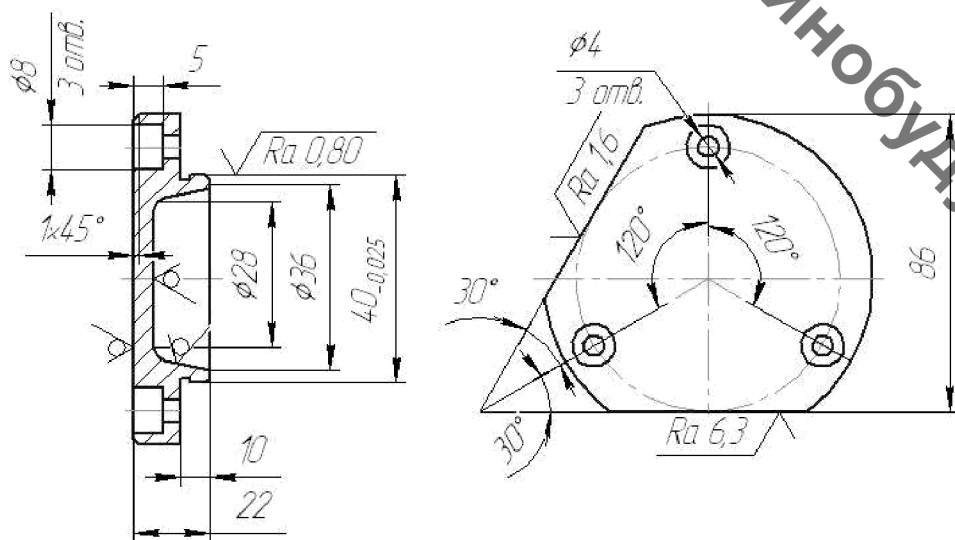


Рисунок 2.5 – Ескіз маршруту механічної обробки стакана кришки

В якості основних технологічних баз використовуються конструкторські бази. За рахунок цього в процесі обробки відбувається забезпечення принципу зв'язку обробленої поверхні з необробленою, а у випадку диференціації операцій принцип

постійності баз, що дає можливість мінімізувати похибку базування. При механічній обробці не використовуються штучні технологічні бази, що дозволяє зменшити час обробки деталі і її собівартість.

Таблиця 2.9 Типовий технологічний маршрут механічної обробки кришки

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок обладнання	Оснащення
005	Лиття	–	–
010	Обробка та очищення випівка	–	–
015	Малярна	–	–
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$ , фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно фрезерний 21105Н7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально шліфувальний 3У131ВМ	Трикулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Дана деталь має один кріпильний диск, який розміщені перпендикулярно до вісі центрального отвору, на яких розміщені кріпильні отвори. Центральний отвір являє собою внутрішню ступінчасту поверхню. В якості аналогів розглянемо типові технологічні маршрути механічної обробки фланця та стакана. Ці аналоги характеризуються наявністю у їх конструкції елементів подібних за розміщенням та обробкою до деталі на яку проектується технологічний маршрут механічної обробки.

Відповідно до вибраного типу серійності необхідно визначити за вимогами до використовуваного обладнання його тип. Враховуючи вимоги точність розмірів, допуски форми та розміщення, параметри шорсткості, необхідно запропонувати, у випадку необхідності, відповідну систему програмного числового керування. Для даного типу виробництва рекомендується використовувати металорізальні верстати з системами числового програмного забезпечення на відповідних операціях, обладнання для фіксації та затиску деталі використовувати стандартизоване. Інструмент та пристосування для його використання також повинно бути стандартизованим. Це дозволить скоротити час на проектування технологічного маршруту механічної обробки „Кришки”; на закріплення, заміну, переточування інструменту; на установку та закріплення деталі у пристосуванні.

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

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

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – 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  $\varnothing 50$ , враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки складає 0,3:

$$\varepsilon_{\varnothing 50} = \frac{0,3}{0,03} = 10$$

Приймаємо  $\varepsilon_i$  рівним 5,8. Відповідно:

$$\varepsilon_2 = 10/5,8 = 1,73 \text{ (2 переходи)}$$

За переходами допуски розмірів:

$$T_1 = \frac{0,3}{5,8} = 0,052 \quad (\approx IT10),$$

$$T_2 = \frac{0,052}{1,73} = 0,03 \quad (\approx IT8),$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (12 квалітет точності); розточування попереднє (10 квалітет точності); розточування остаточне (8 квалітет точності)

## 2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. 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.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в трикулачковий патрон.

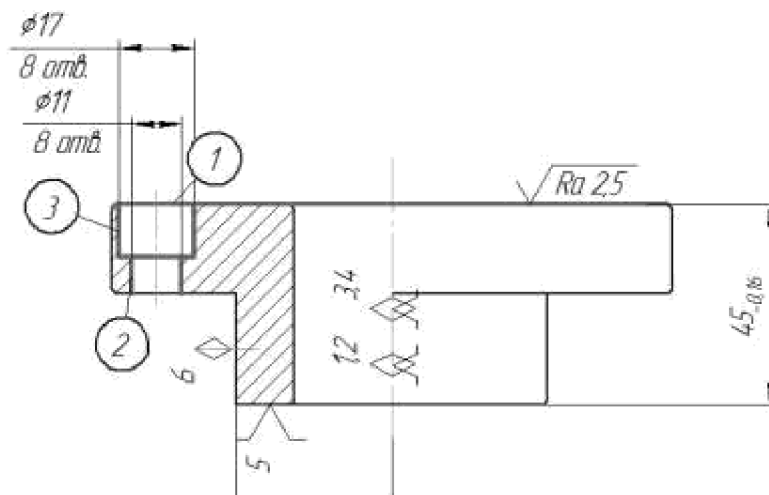


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010

Таблиця 2.10– 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
Токарно-револьверна з ЧПУ	Ø17, Ø11, Ø106,	відсутня	Діаметральний розмір
	45	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	12	відсутня	Обробка з одного установка

Таблиця 2.11– 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
Багатоцільова	Ø50, Ø54, Ø56, Ø57, Ø58, Ø70	відсутня	Діаметральний розмір
	45	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	25, 14, 8, 3, радіальне биття відносно бази А	відсутня	Обробка з одного установка

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

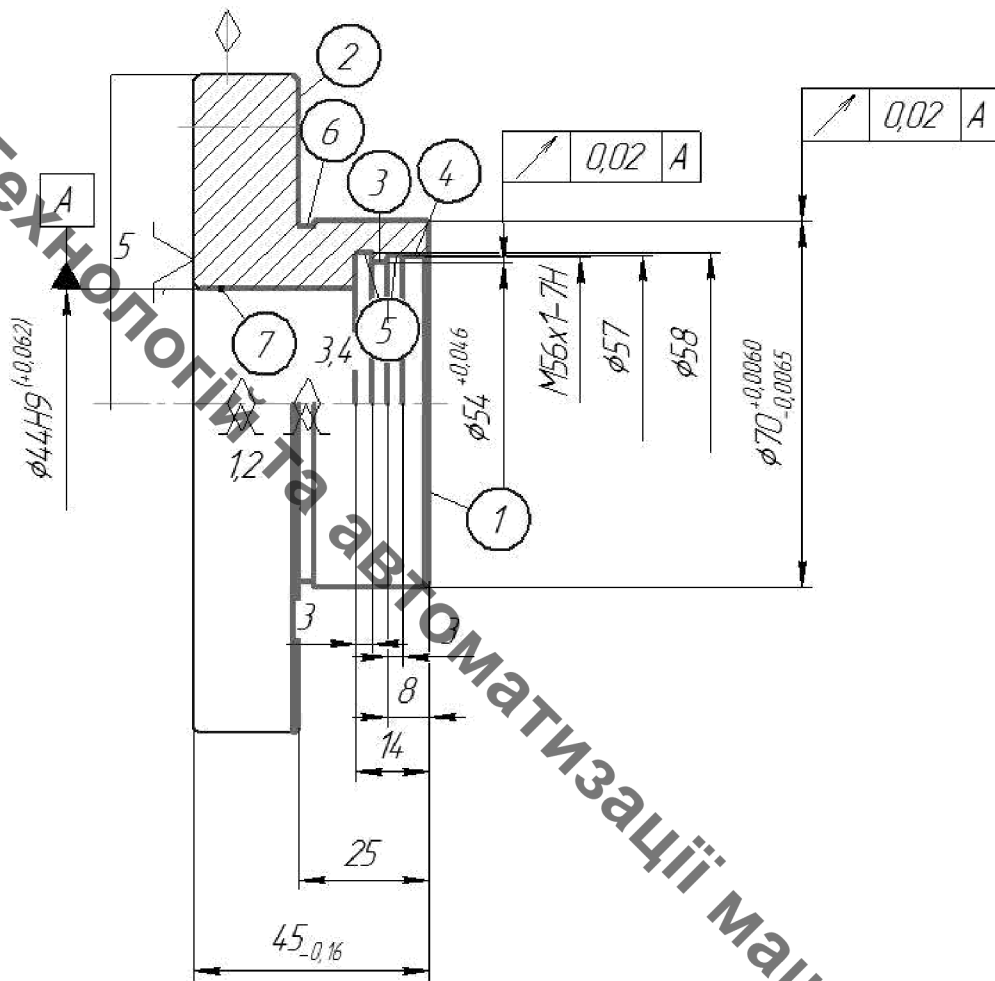


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази

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

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 врахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

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

Маршрут механічної обробки показано в таблиці 4.4, він складається із чотирьох операцій, три з яких виконуються на верстатах з ЧПК.



Таблиця 2.12 - Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема установки	Верстат
1	2	3	4
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити</li> <li>2 Точити попередньо торець 1, поверхню 2, торець 3</li> <li>3 Точити остаточно торець 1, поверхню 2 попередньо та поверхню 3 остаточно</li> <li>4 Точити поверхню 2 остаточно</li> <li>5 Розточити отвори 4 та 5 попередньо</li> <li>6 Розточити канавки 6</li> <li>7 розточити отвір 4 остаточно та отвір 5 попередньо</li> <li>8 Розточити отвір 3 остаточно</li> <li>9 Обробити обкочуванням поверхню 2</li> <li>10 Зняти заготовку</li> </ol>		Токарно-револьверний П420ПФ30

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
010	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати поверхню 1 попередньо</p> <p>3 Центрувати 8 отворів 2</p> <p>4 Свердлити 8 отворів 2</p> <p>5 Цекувати 8 отворів 2</p> <p>6 Фрезерувати поверхню 1 остаточно</p> <p>7 Зенкерувати 8 отворів 2</p> <p>8 Розвернути 8 отворів 2</p> <p>9 Зняти заготовку</p>		Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3

### 2.8 Розмірний аналіз 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.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

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 чорної (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 2.13 - Попередні значення допусків

Технологічні розміри	$Z_1$	$Z_2$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$
Допуск, мм	0,58	0,43	0,036	0,11	0,3	0,043	0,25

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

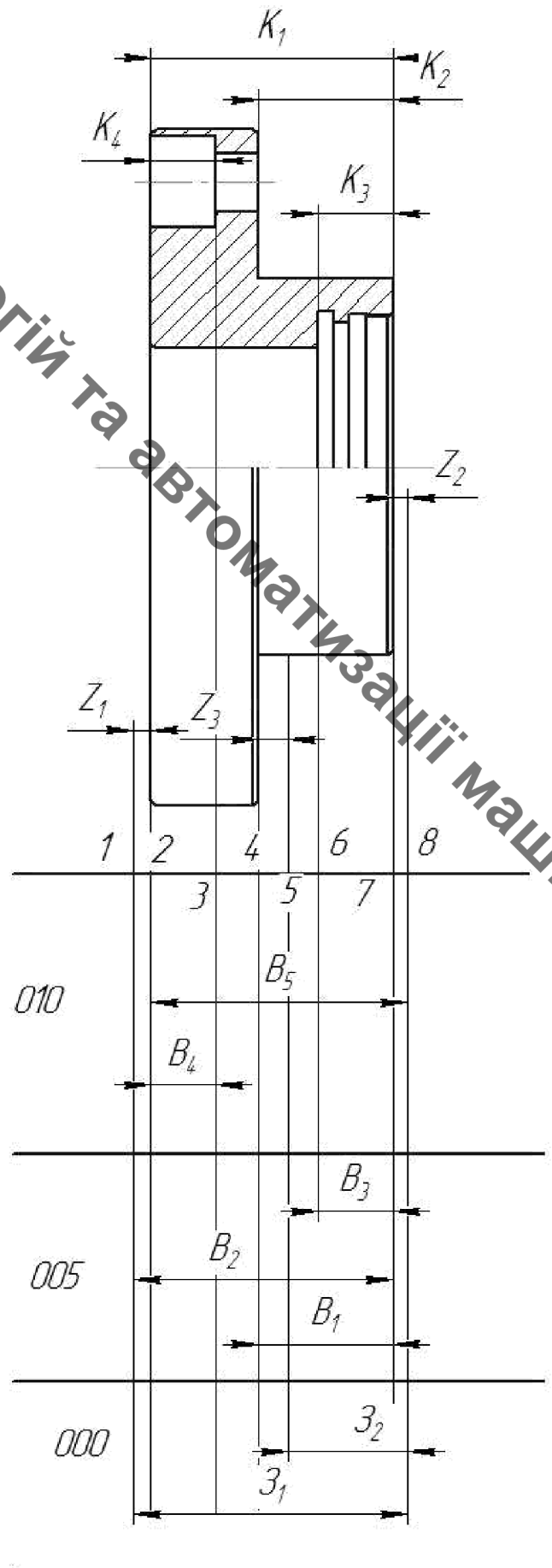
Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу та виявлення технологічних розмірних ланцюгів (рисунок 4.5). На розмірній схемі вказуються конструкторські розміри, припуски та технологічні розміри.

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2\dots$  і припусків називається вихідним графом (деревом). Вершинами усіх трьох графів є площини або осі циліндричних поверхонь заготовки і деталі. Ребрами вихідного графа-дерева є конструкторські розміри і припуски.

Ребрами похідного графа-дерева є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.



Рисунки 2.8 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Під час геометричної побудови обох графів-дерев слід розміщувати їх вершини в одних і тих же місцях. Якщо обидва графи-дерева сумістити так, щоб співпало розташування їх вершин, то отримаємо суміщений граф.

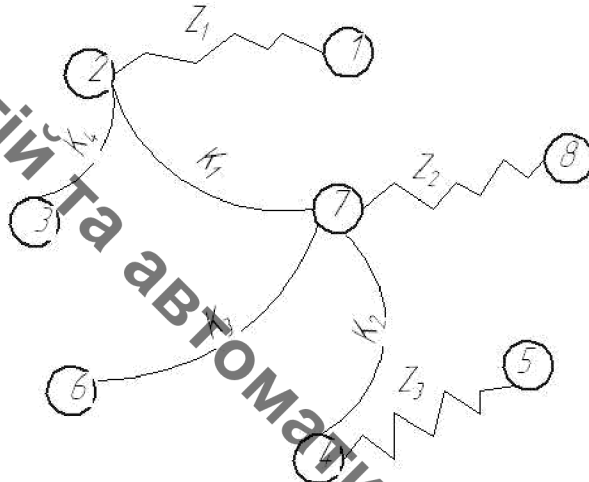


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів  $B_1, B_2, \dots$  і розмірів заготовки  $Z_1, Z_2, \dots$  називається похідним графом.

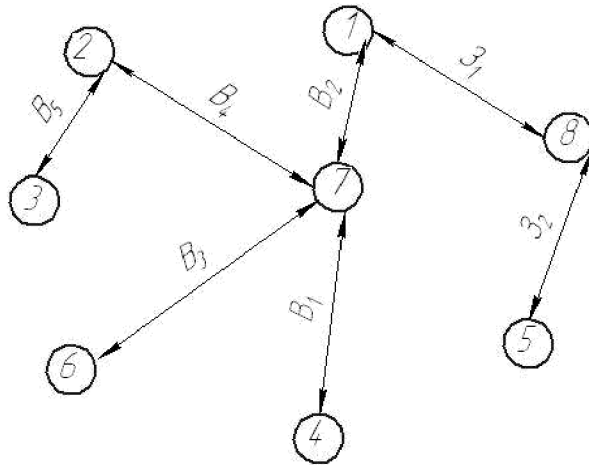


Рисунок 2.10– Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

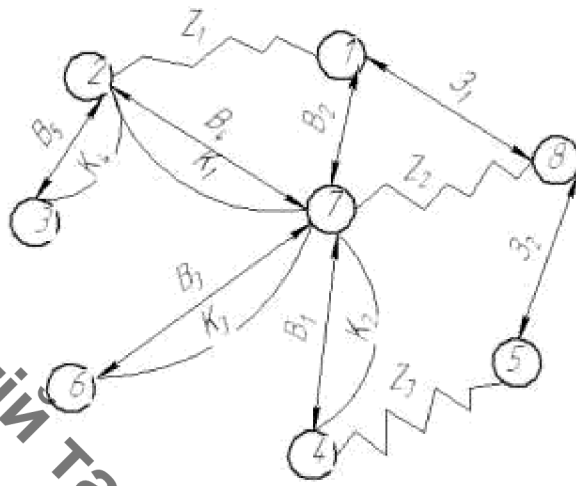


Рисунок 2.11 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 4.6.

Таблиця 2.13 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_{\min}$	0,4	0,4	0,4

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.7

Таблиця 2.14 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_5 - K_4 = 0$	$B_5 = K_4$	$B_5$
2	$B_4 - K_1 = 0$	$B_4 = K_1$	$B_4$
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_6 = K_3$	$B_3$
4	$B_1 - K_2 = 0$	$B_1 = K_2$	$B_1$
5	$Z_1 + B_4 - B_2 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_4$	$B_2$
11	$Z_1 - B_2 - Z_2 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_2$	$Z_1$
12	$Z_2 - B_1 - Z_2 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_1 + Z_2 - Z_2$	$Z_3$

4.5.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту механічної обробки

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

$$B_5 = K_4 = 12_{\pm 0.125}(\text{мм})$$

$$B_4 = K_1 = 45_{-0.043}(\text{мм})$$

$$B_3 = K_3 = 14_{\pm 0.15}(\text{мм})$$

$$B_1 = K_2 = 25_{-0.036}(\text{мм})$$

$$Z_{1 \min} = B_{2 \min} - B_{4 \max}[\text{мм}]$$

$$B_{2 \min} = 0,4 + 45 = 45,4(\text{мм})$$

$$B_{2 \max} = 45,4 + 0,11 = 45,51(\text{мм})$$

$$B_2 = 45,51_{-0.11}(\text{мм})$$

$$Z_{1 \max} = B_{2 \max} - B_{4 \min} = 45,51 - 44,957 = 0,553(\text{мм})$$

$$Z_{2 \min} = 3_{1 \min} - B_{2 \max}[\text{мм}]$$

$$3_{1 \min} = 0,4 + 45,51 = 18,91(\text{мм})$$

$$3_{1 \max} = 45,91 + 0,58 = 46,49(\text{мм})$$

$$3_1 = 46,49_{-0.58}(\text{мм})$$

$$Z_{2 \max} = 46,49 - 45,4 = 1,09(\text{мм})$$

$$Z_{3 \min} = B_{1 \min} - 3_{2 \max} + Z_{2 \min}[\text{мм}]$$

$$3_{2 \max} = 24,964 + 0,4 - 0,4 = 24,964(\text{мм})$$

$$3_{2 \min} = 24,964 - 0,43 = 24,534(\text{мм})$$

$$3_2 = 24,53_{-0.43}(\text{мм})$$

$$Z_{3 \max} = 25 + 1,09 - 24,534 = 1,566(\text{мм})$$

Таблиця 2.15 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
1	2	3	4	5	6	7
$Z_1$	45,91	46,49	0,58	46,49		$46_{-0,58}$
$Z_2$	24,964	24,534	0,43	24,53		$24,53_{\pm 0,43}$
$V_1$	25,964	25	0,036	25	$25_{-0,036}$	
$V_2$	45,4	45,51	0,11	45,51	$45,51_{-0,11}$	
$V_3$	13,85	14,15	0,3	14	$14_{\pm 0,15}$	
$V_4$	44,95	45	0,043	45	$45_{-0,043}$	
$V_5$	11,975	12,125	0,25	12	$12_{\pm 0,125}$	

Таблиця 2.16 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
$Z_1$	0,4	0,55
$Z_2$	0,4	1,09
$Z_3$	0,4	1,56

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.

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 50^{+0,03}$  складається з трьох операцій: чорнового та чистового розточування, які виконуються з одного установу.

Сумарне значення  $R_z$  та  $T$  визначають якість поверхні заготовки, їх величина



становить 400 мкм [5]. Для чорнового розточування приймаємо  $T$  рівно 100 мкм,  $R_z$  - 100 мкм, а при наступному переході  $T$  - 50 мкм,  $R_z$  - 50 мкм, при чистовому розточуванні - 30 мкм.

Знаходимо сумарне просторове відхилення для заготовки даного типу

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.19)$$

де  $\rho_{\text{жол}}$  - жолоблення поверхні;  $\rho_{\text{зм}}$  - сумарне зміщення отвору.

Жолоблення поверхні слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його перетині:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, [\text{мкм}] \quad (2.20)$$

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовки, 0,7 мкм [5].

Отже,

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 47,08 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{\text{зм}} = 220 \text{ мкм.}$$

Таким чином сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_z = \sqrt{47,08^2 + 220^2} = 225 \text{ (мкм)}$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (2.21)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 225 = 13,5 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, [\text{мкм}] \quad (2.22)$$

де  $\varepsilon_6$  - похибка базування;  $\varepsilon_3$  - похибка закріплення при установці на площину.

$$\varepsilon_1 = 140 \text{ (мкм.)}$$

Остаточна похибка установки при чорновому

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 140 = 7 \text{ (мкм)},$$

де  $\varepsilon_{ind}$  рівна 0, оскільки обробка проводиться з одного утанову.

Остаточна похибка установки при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_{ind} = 0,4 \text{ (мкм)}.$$

На основі записаних до таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, використовуючи основну формулу

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left( R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) [\text{мкм}] \quad (2.23)$$

Мінімальний припуск під розточування

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot \left( 400 + \sqrt{225^2 + 140^2} \right) = 1330 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot \left( 100 + 100 + \sqrt{13,5^2 + 7^2} \right) = 430 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,6^2}) = 201,2 \text{ (мкм)}.$$

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

$$d_{p1} = 50,03 - 2 \cdot 0,1 = 49,8 \text{ (мм)};$$

$$d_{p2} = 49,8 - 2 \cdot 0,215 = 49,37 \text{ (мм)};$$

$$d_{p3} = 49,37 - 2 \cdot 0,665 = 48,04 \text{ (мм)}.$$

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

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

Тобто:

$$49,8 - 0,1 = 49,7 \text{ (мм)};$$

$$49,37 - 0,25 = 49,12 \text{ (мм)};$$

$$48,04 - 0,62 = 47,42 \text{ (мм)}.$$

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.

Тоді для остаточного розточування:

$$2z_{\min 3} = 50,03 - 49,8 = 0,23 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max 3} = 50 - 49,97 = 0,3 \text{ (мм)};$$

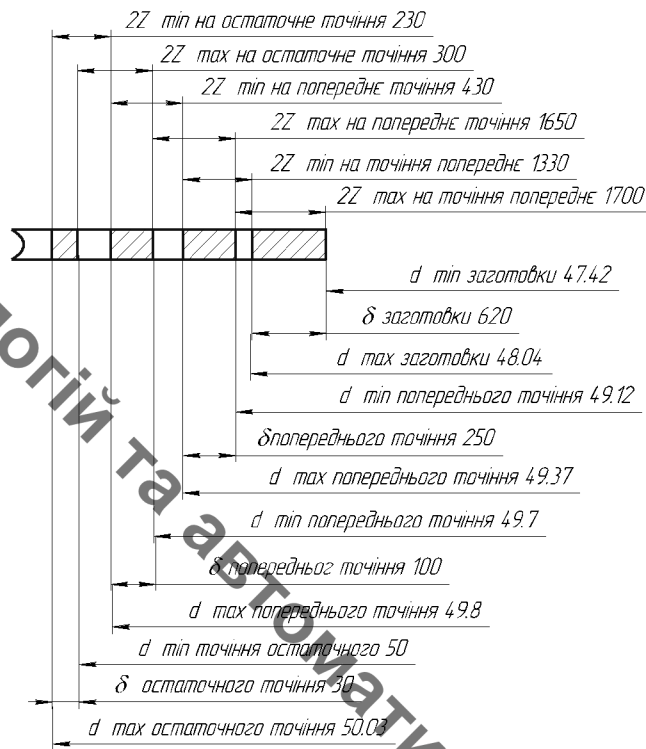


Рисунок 2.12– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору  $\text{Ø}50$

для попереднього розточування:

$$2z_{\min 2} = 49,37 - 49,83 = 0,43 \text{ (мм);}$$

$$2z_{\max 2} = 49,12 - 47,47 = 1,65 \text{ (мм);}$$

для попереднього розточування:

$$2z_{\min} = 49,37 - 48,04 = 1,33 \text{ (мм);}$$

$$2z_{\max} = 49,12 - 47,42 = 1,7 \text{ (мм).}$$

Загальні допуски визначаються за формулами

$$2z_{\sigma_{\min}} = 1330 + 430 + 230 = 1990 \text{ (мкм),}$$

$$2z_{\sigma_{\max}} = 1700 + 1650 + 300 = 3650 \text{ (мкм).}$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$2z_{\max_3} - 2z_{\min_3} = 0,3 - 0,23 = 0,07 \text{ (мм)};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,1 - 0,03 = 0,07 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max_2} - 2z_{\min_2} = 0,58 - 0,43 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,24 - 0,1 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$z_{\max_1} - z_{\min_1} = 1,7 - 1,33 = 0,37 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 0,62 - 0,25 = 0,37 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.17 – Розрахунок проміжних припусків

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	400		225			48,04	620	47,42	48,04		
Розточування: попереднє	100	100	13,2	140	1330	49,37	250	49,12	49,37	1,33	1,7
попереднє	50	50	0,6	7	430	49,8	100	49,7	49,8	0,43	1,65
остаточне	30	30	-	0,4	201,2	50,03	30	50	50,03	0,23	0,3
Разом										1990	3650

Отже, розрахунки виконані вірно і отримані розміри можуть використовувати в технологічному процесі механічної обробки.

## 2.10 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Отвір  $\varnothing 50^{+0,03}$  розточується на верстаті 65P13Ф3. Він має бути отриманий 8 квалітету, з шорсткістю поверхні  $R_a 1,25$ . Верстат має безступінчасте регулювання подачі і частоти обертання.

Для отримання розміру деталі  $\varnothing 50^{+0,03}$ , який відповідає 8 квалітету, із заготовки 15 квалітета необхідно провести обробку в 3 стадії згідно із [6].

Глибина різання для отримання 7 квалітета складає  $t_3 = 0,3$  мм [6], аналогічно для 2-ї стадії обробки  $t_2 = 0,7$  мм.

Для 1-ї стадії обробки глибина різання дорівнює

$$t_1 = \frac{50 - 42}{2} - (0,7 + 0,3) = 3 \text{ (мм)}$$

Різці потрібно використовувати найменшої технологічно можливої довжини і найбільшого технологічно допустимого розрізу. Приймаємо різець з діаметром перерізу державки 20 мм і довжиною 100 мм.

В залежності з рекомендаціями обробку проводимо пластинами із твердого сплава: T15K6 – для чорнової обробки; T30K4 – для чистової і тонкої обробки.

Вибираємо твердосплавну пластину ромбічної форми; спосіб кріплення пластини – хитним елементом. Приймаємо кути в плані  $\varphi = 95^\circ$ ,  $\varphi_1 = 5^\circ$ .

Геометричні параметри ріжучої частини інструмента обираємо згідно із [6]. Для чорнової обробки:

$\alpha = 6^\circ$  - задній кут;

$\gamma = 10^\circ$  - передній кут;

$f = 0,5$  - ширина фаски ріжучої кромки, мм;

$\rho = 0,025$  - радіус скруглення ріжучої кромки, мм;

$r_B = 1$  - радіус вершини різця, мм.

Для чистової і тонкої стадій обробки:

$\alpha = 15^\circ$  - задній кут;

$\gamma = 5^\circ$  - передній кут;

$\rho = 0,25$  - радіус скруглення ріжучої кромки, мм;

$r_B = 0,8$  - радіус вершини різця, мм.

Нормативний період стійкості приймаємо  $T = 30$  хв.

Для чорнової стадії обробки подачу вибираємо за [6]. При розточуванні різцем круглого перерізу (при глибині різання  $t_1 = 3$  мм) рекомендується подача  $S_{OT} 0,52$  мм/об. Вибрані значення подач корегуються за допомогою коефіцієнтів:

- коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал (Т15К6)  $K_{S_i}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує стану поверхні заготовки  $K_{S_n}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини  $K_{S_p}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує діаметр деталі  $K_{S_D}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця  $K_{S_\phi}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріала  $K_{S_M}$  рівен 1,25;
- коефіцієнт, що враховує виліт різця  $K_{S_l}$  рівен 1.

Отже, значення подачі для чорнової стадії визначається за формулою:

$$S_0 = S_{OT} \cdot K_{S_i} \cdot K_{S_n} \cdot K_{S_p} \cdot K_{S_D} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_l} \quad (2.24)$$

З врахуванням коефіцієнтів подача приймає наступне значення:

$$S_0 = 0,52 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,65 \text{ (мм/об).}$$

Прийняте значення подачі для чорнової стадії обробки перевіряють по осьовій

і радіальній силі різання. Визначають коефіцієнти на сили різання:

- коефіцієнти, що враховують механічні властивості оброблюваного матеріала, коефіцієнти  $K_{P_{M_x}}$  і  $K_{P_{M_y}}$  рівні 0,75;
- коефіцієнти, що враховують головний кут в плані, коефіцієнти  $K_{P_{\alpha\phi}}$  і  $K_{P_{\beta\phi}}$  рівні 1;
- коефіцієнти, що враховують передній кут, коефіцієнти  $K_{P_{\gamma\tau}}$  і  $K_{P_{\gamma\eta}}$  рівні 0,9;
- коефіцієнти, що враховують кут нахилу кромки  $K_{P_{\lambda\lambda}}$  і  $K_{P_{\lambda\lambda}}$  рівні 1.

Значення сил різання визначаються за формулами:

$$P_x = P_{x_i} \cdot K_{P_{M_x}} \cdot K_{P_{\alpha\phi}} \cdot K_{P_{\gamma\tau}} \cdot K_{P_{\lambda\lambda}}, \quad (2.25)$$

$$P_y = P_{y_i} \cdot K_{P_{M_y}} \cdot K_{P_{\beta\phi}} \cdot K_{P_{\gamma\eta}} \cdot K_{P_{\lambda\lambda}}, \quad (2.26)$$

де  $P_{x_i}$  та  $P_{y_i}$  - рекомендовані значення сил різання, які в даному випадку рівні відповідно 1160 і 410 Н.

З врахуванням коефіцієнтів сили різання приймають наступні значення:

$$P_x = 1160 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 783 \text{ Н},$$

$$P_y = 410 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 277 \text{ Н}.$$

Для попередньої стадії значення подачі вибираємо  $S_{or}$  рівним 0,23 мм/об. Для остаточної стадії обробки –  $S_{or}$  рівне 0,18 мм/об.

Визначаємо коефіцієнти на подачу чистової і тонкої стадії обробки:

- коефіцієнти, що враховують механічні властивості оброблюваного матеріала  $K_{S_M}$  рівен 1,25;
- коефіцієнт, що враховує виліт різця  $K_{S_t}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця  $K_{S_r}$  рівен 0,85;



- коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі на чистовій стадії  $K_{s_k}$  рівен 0,8, для тонкої стадії  $K_{s_k}$  рівен 0,85;

- коефіцієнт, що враховує діаметр деталі  $K_{s_D}$  рівен 1.

З врахуванням коефіцієнтів подачі мають наступні значення:

$$S_O = 0,18 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,15 \text{ (мм/об),}$$

$$S_O = 0,18 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,16 \text{ (мм/об).}$$

Швидкість різання  $v_t$  для чорнової стадії обробки становить 153 м/хв.

Коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал  $K_{v_i}$  рівен 1.

Коефіцієнти для уточнення швидкості:

- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріала  $K_{v_c}$  рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує вид обробки  $K_{v_o}$  рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата  $K_{v_j}$  рівен 0,75;

- коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріала  $K_{v_M}$

рівен 1,7;

- коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця  $K_{v_\phi}$  рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини  $K_{v_T}$  рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує наявність охолодження  $K_{v_{oc}}$  рівен 1.

Значення швидкості для чорнової стадії обробки визначається за формулою:

$$v = v_t \cdot K_{v_o} \cdot K_{v_c} \cdot K_{v_j} \cdot K_{v_M} \cdot K_{v_\phi} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_{oc}} \cdot K_{v_i} \text{ [м/хв]} \quad (2.27)$$

З врахуванням коефіцієнтів швидкість приймає значення:

$$v = 153 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 195 \text{ (м/хв.).}$$

Попередній стадії обробки відповідає швидкість різання  $v_f$  327 м/хв, чистовій -  $v_f$  395 м/хв. Коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал  $K_{v_f}$  рівен 0,8.

Коефіцієнти на швидкість різання чистової і тонкої стадії обробки для змінених умов вибирають аналогічно чорновій стадії обробки.

З врахуванням наведених коефіцієнтів:

для чистової стадії обробки:

$$v = 327 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 334 \text{ (м/хв.)},$$

для тонкої обробки:

$$v = 395 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 403 \text{ (м/хв.)}.$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ [об/хв]} \quad (2.28)$$

де  $D$  - діаметр деталі.

Для чорнової стадії обробки:

$$n = \frac{1000 \cdot 195}{3,14 \cdot 48} = 1294 \text{ (об/хв.)}.$$

Для чистової стадії:

$$n = \frac{1000 \cdot 334}{3,14 \cdot 49} = 2170 \text{ (об/хв.)}.$$

Для тонкого розточування:

$$n = \frac{1000 \cdot 403}{3,14 \cdot 50} = 2567 \text{ (об/хв)};$$

Приймаємо частоти обертання, які підтримує даний верстат:

- для чорнової -  $n_p = 1294$  об/хв;
- для чорнової -  $n_p = 2170$  об/хв;
- для чистової -  $n_p = 2567$  об/хв.

Для чорнової стадії обробки потужність різання  $N_T$  рівна 10 кВт. Вона корегується в залежності від коефіцієнта, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_N$  рівен 0,6.

Потужність розраховується за формулою:

$$N = N_T \cdot \frac{v_p}{v_t} \cdot K_N \text{ [кВт]}$$

Для чорнової стадії обробки

$$N = 10 \cdot \frac{195}{153} \cdot 0,6 = 7,6 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки потужність приводу головного руху даного верстата 22 кВт, то дані режими обробки можуть бути забезпечені.

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_M = S_o \cdot n_p \text{ [мм/хв]} \quad (2.29)$$

Для чорнової обробки

$$S_M = 0,65 \cdot 1294 = 841 \text{ (мм/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки

$$S_M = 0,15 \cdot 2170 = 326 \text{ (мм/хв.)}$$

Для чистового розточування

$$S_M = 0,16 \cdot 2567 = 410 \text{ (мм/хв.)}$$

Таблиця 2.18 - Режими різання

№ операції	Перехід	Глибина, мм	Прийнята подача, мм/об	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв
1	2	3	4	5	6
005	Точити поверхні по контуру попередньо	2	1,6	502	800
	Точити поверхні по контуру попередньо	0,8	1,6	39,5	280
	Точити поверхні по контуру остаточно	0,3	1,6	502	800
	Розточити попередньо отвори	0,8	0,328	380,55	680
	Розточити канавку	0,4	0,421	113,1	450
	Розточити попередньо отвори	0,45	0,421	480	1200
	Розточити остаточно отвір	0,15	0,421	113,1	189
010	Фрезерувати площину 1 попередньо	2	1,6	502	800
	Фрезерувати площину 1 остаточно	0,8	1,2	614	1280
	Свердлити 8 отворів	4	0,2	12,1	355
	Цекувати 8 отворів	2	0,2	12,1	355
	Зенкерувати 8 отворів	1	0,18	22,6	450
	Розвернути 8 отворів	0,1	0,2	17,2	500

## 2.11 Визначення технічних норм часу

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. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком. Наведемо приклад розрахунку норм часу для операції розточування отвору  $\varnothing 50^{+0,03}$

Норма штучного часу визначається за формулою

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{д.}) \cdot \left( 1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100} \right), [хв] \quad (2.30)$$

$T_{ц.а.}$  – цикл автоматичної роботи верстата;

$T_{д.}$  - допоміжний час;

$a_{тех}$  - час на технічне обслуговування;

$a_{орг}$  - час на організацію обслуговування;

$a_{від}$  - час на відпочинок.

Допоміжний час складається з елементів, вибір яких здійснюється за нормативами:  $T_{д.уст}$  - допоміжний час на установку і зняття деталі, 0,12 хв, час на закріплення і зняття деталі в спеціальному пристосуванні, 0,09 хв (рукоятка

пневматичного зажима);  $T_{доп}$  - допоміжний час, який зв'язаний з операцією (встановити задане взаєморозташування деталі і інструмента – 0,6 хв; перевірити прихід деталі і інструмента в задану точку після обробки – 0,2 хв; встановити і зняти щиток від забризгування емульсією – 0,04 хв).

$$T_{доп} = 0,2 + 0,2 + 0,04 = 0,44.$$

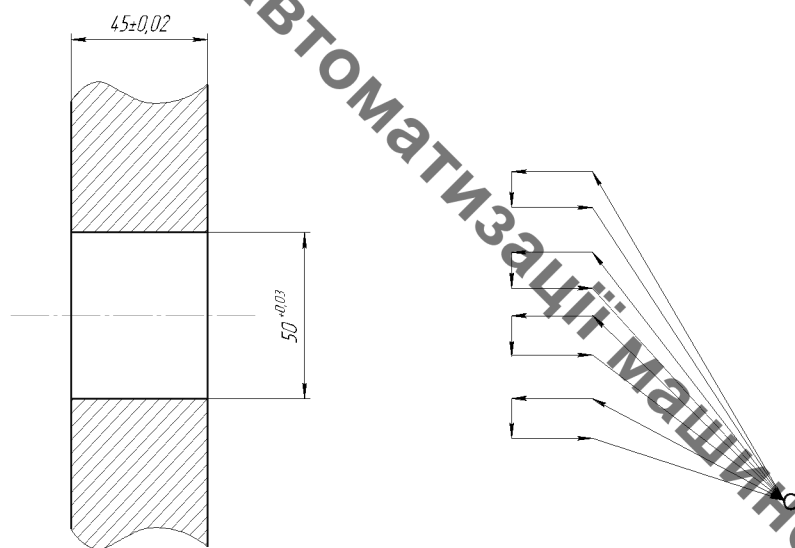


Рисунок 2.12 - Траєкторія руху інструменту

$T_{двим}$  - допоміжний час на контрольні вимірювання, складатиме 0,16 хв.

Відповідно сумарний допоміжний час складе 0,32 хв.

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і власні потреби складає 9% від оперативного часу.

Отже, штучний час дорівнює

$$T_{шт} = (1,2 + 0,32) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 1,6 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.19 - Час автоматичної роботи верстата по програмі

Номер позиції інструмента	Збільшення по осі Z, мм	Збільшення по осі X, мм	Довжина і-ї ділянки траєкторії L <sub>i</sub> , мм	Хвилинна подача S <sub>Mi</sub> , мм/хв	Машинно допоміжний час T <sub>MВ</sub> , хв	Основний час T <sub>о</sub> , хв
Інструмент №3 - №1	-	-	-	-	0,05	-
0 – 1	800	539	964,6	6000	0,16	-
1 – 2	45		45	841	-	0,05
2 – 3	-	-5	5	6000	0,0008	-
3 – 4	-45	-	45	6000	0,008	-
4 – 0	-800	-539	964,6	6000	0,16	-
Інструмент №1 - №2	-	-	-	-	0,05	-
0 – 5	800	539	964,6	6000	0,16	-
5 – 6	45	-	45	326	-	0,14
6 – 7	-	-5	5	6000	0,0008	-
7 – 8	-45	-	45	6000	0,008	-
8 – 0	-800	-539	964,6	6000	0,16	-
Інструмент №2 - №3	-	-	-	-	0,05	-
0 – 9	800	539	964,6	6000	0,16	-
9 – 10	45	-	45	410	-	0,11
10 – 11	-	-5	5	6000	0,0008	-
11 – 12	-45	-	45	6000	0,008	-
12 – 0	-800	-539	964,6	6000	0,16	-
Всього					0,9	0,3

Аналогічно визначено норми часу для всіх інших операцій. Результати наведено в таблиці 4.13

Таблиця 2.20 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	1,2	1,6
010	1,02	1,41

## 2.12 Проектування дільниці механічної обробки

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:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.31)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (2.32)$$

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

Для деталі кришка 1 отримаємо:

$$K_{11} = 3 \sqrt{\frac{1,1}{0,75}} = 1,29$$

Коефіцієнт приведення по серійності:



$$K_2 = \left( \frac{N_{\text{пр}}}{N_i} \right)^\alpha \quad (2.33)$$

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 отримуємо:

$$K_{21} = \left( \frac{6800}{6200} \right)^{0,15} = 1,01$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left( \frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{\text{т.пр.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left( \frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{\text{а.пр.}}} \right)^{\alpha_2} \quad (2.34)$$

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

$R_{ai}$ ,  $R_{\text{а.пр.}}$  - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left( \frac{12,2}{12,23} \right)^{\alpha_1} \cdot \left( \frac{11}{10,66} \right)^{\alpha_2} = 0,91$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,91 \cdot 1,29 \cdot 1,01 = 1,19$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 2.21 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Кришка	0,75	6800	1	1	1	1	6800
Кришка 1	1,1	6200	1,29	0,91	1,01	1,19	7385
Кришка 2	1,4	10200	1,516	0,92	0,94	1,31	13387
Кришка 3	1,2	8600	1,367	0,94	0,96	1,24	10676
Кришка 4	1,1	7500	1,29	0,98	0,98	1,25	9350
Кришка 5	1,5	9500	1,58	0,87	0,95	1,31	12478
Кришка 6	0,6	6800	0,86	0,89	1	0,77	5215
Всього						65291	

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

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (2.35)$$

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

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

$m$  – кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Отже кількість верстатів 1П420ПФ30 складас:

$$C_p = \frac{1,6 \cdot 65291}{60 \cdot 2040} = 0,8535$$

Верстатів 6P13PФ3:

$$C_p = \frac{1,41 \cdot 65291}{60 \cdot 2040} = 0,752$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

Таблиця 2.22 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Токарно –револьверна з ЧПК	0,853	1	0,853	80,28	0,75
010	Фрезерна з ЧПК	0,752	1	0,752		0,7234

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

$$P = C_{пр} \cdot \Phi_d \cdot K_z / \Phi_v \cdot K_m \quad (2.36)$$

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

$\Phi_v$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_m$  – коефіцієнт багатостаночного обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P=1 \cdot 2040 \cdot 0,853 / 1 \cdot 1840 = 0,946$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

Таблиця 2.23 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$F_{др}$ год	$K_3$	$K_m$	$P$ , чол	$P_{пр}$ , чол	
Токарно-револьверний ЧПК	3	1	1840	0,853	1	0,946	1
Фрезерний з ЧПК	1	1		0,752	1	0,816	1

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

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -2 чол.

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

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

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 18-24% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 2 = 0,364 \dots 0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

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

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 2=0,044$$

Приймаємо 1 чол.

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

Таблиця 2.24 – Відомість складу працюючих дільниці

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

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати не повну зміну або паралельно виконувати аналогічні обов'язки на інших дільницях. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

### 2.13 Висновки

В результаті виконаної розділу, що присвячений проектуванню технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка 35.40», виконано наступне:

- зроблений аналіз конструкції та технологічності деталі;
- визначено тип виробництва і форму організації на ній;
- з двох альтернативних запропонованих варіантів на базі техніко-економічного порівняння визначено спосіб виготовлення заготовки – лиття в оболонкові форми;
- виконано аналітичний огляд відомих та типових маршрутів обробки подібних до заданої деталі;
- визначено способи та кількість етапів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності;
- обґрунтовано вибрані технологічні бази деталі;
- запропоновано маршрут механічної обробки;
- виконано розмірний аналіз технологічного припуску;
- аналітично визначено припуски та технологічні розміри на одну з найбільш точних поверхонь – циліндричну поверхню  $\varnothing 50$ ;
- аналітичним способом визначені режими обробки;
- виконано технічне нормування технологічного процесу;
- спроектована ділянка механічної обробки, для чого розрахована приведена програма, визначено верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих;
- розроблена графічна частина, до складу якої увійшли креслення деталі та заготовки, плакати з технологічним маршрутом та розмірним аналізом процесу, карта налагодження.

### 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

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

Продовження таблиці 3.1

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



Продовження таблиці 3.1

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

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

### 3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Кришка 35.40», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних вантажних автомобілів, крім того в кожному автомобілі таких кришок декілька, оскільки вони розташовані на шасі, і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 360 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 360 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту  $P_n=80\%$ ;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно  $C_n=80\%$ .

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = P \cdot P_n / 100 [\text{шт}] \quad (3.1)$$

$$P_i = 360000 \cdot 80 / 100 = 288000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$OP = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

$$OP = 288000 / 4 = 72000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП = OP \cdot C_{\Pi} / 100 [\text{шт}] \quad (3.3)$$

$$ПП = 72000 \cdot 0,8 = 57600 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП = (OP + ПП) / 2 [\text{шт}] \quad (3.4)$$

$$РП = (72000 + 57600) / 2 = 64800 \text{ (шт.)}$$

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

### 3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого

споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

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

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

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

#### 3.4 Виявлення основних конкурентів

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

Нова розробка є кращою ніж аналог.

#### 3.5 Обрання методу ціноутворення

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

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

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

### 3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

$\alpha_i$

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

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

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

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

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

Таблиця 3.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Твердість поверхневого шару отвору	220НВ	260НВ	1,18	20%
Циклічна довговічність	6 млн. циклів	7 млн. циклів	1,17	30%
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1=260/220=1.18$$

$$q_2=7/6=1.17$$

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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

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

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

### 3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

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

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

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}}$$

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

$I_{\text{ЕП}}$  - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{беі}}}$$

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

$$I_{\text{ЕП}} = 2400 / 4000 = 0,6$$

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

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи



Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (3.5)$$

де:  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.

$T_p$  – число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21 \div 22$ ,

$t$  – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = 15000 / 22 * 20 = 13636,36 \text{ (грн)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	15000	681,81	20	12636,36
2	Інженер-технолог	8000	363,63	20	7272,73
Всього					20909,09*

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (3.6)$$

де:  $t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;  
 $n$  – число робіт по видах та розрядах,  $K_c$  – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками.  $K_c=1 \div 5$ . Приймаємо  $K_c = 1,37$ .  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год.  $C_i$  визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \left[ \frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (3.7)$$

де:  $M_n$  – мінімальна місячна оплата праці, грн.  $M_n = 5000$  грн.  $K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії,  $K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.  $K_c=1,37$   $T_p$  – число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21 \div 23$ ,  $T_{зм}$  – тривалість зміни,  $T_{зм} = 8$  годин.

Таблиця 3.7 - Витрати на основну заробітну плату для виготовлення однієї деталі

Обладнання	Трудомі- сткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати,грн
1П420ПФ30	0,0267	122,32	3,26
6Р13РФ3	0,0235	122,32	2,87
Всього			6,14

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 64800 \cdot 6,14 = 397637,86 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = 0,11 \cdot (20909,09 + 397637) = 46040,16 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22 % від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(20909,09 + 397637 + 46040,16) \cdot 0,22 = 102209,16 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

$$A = \frac{Ц}{T_{н.в.}} \frac{T_{ф.в.}}{12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$  – строк корисного використання обладнання,

Для токарно-револьверного верстата складає 0,0267 год для однієї деталі, відповідно ( з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,0267 \cdot 64800 / (8 \cdot 30) = 32 \text{ місяців}$$

$T_{нв}$  – нормативний термін використання обладнання, 12 років

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1П420ПФ30	420000	12	32	93 333,33
6Р13РФ3	680000	12	28,2	133 166,67
Всього				226500

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

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (3.8)$$

де:  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 1,15 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 14 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 0,4 кг,  $C_b$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 4 грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 40X	14	1,15	0,4	4	16,11

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40X і відповідно отримаємо:

$$M = 14 \cdot 1,15 \cdot 1,1 - 0,4 \cdot 4 = 16,11 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$16,11 \cdot 64800 = 1043928 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_n \text{ [грн.]}, \quad (3.9)$$

де:  $V$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року  $V = 3,2$  грн./кВт.

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, 10 кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

$K_n$  – коефіцієнт використання потужності.  $K_n < 1$ , приймаємо 0,8.

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
1П420ПФ30	10	0,0267	0,68
6Р13РФ3	10	0,0235	0,6
Всього			1,28

А для всієї партії:

$$1,28 \cdot 64800 = 83220,48 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу:

$$V_{in}=(1...3) (3_o+3_p) \quad (3.10)$$

$$V_{in}=2 \cdot (20909,09+397637,86)= 837\,093,9 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V=20909,09+397637,86+46040,16+102209,16+226500+1043928+83220,48+837093,9=2757538,65 \text{ (грн)}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за  $V_{zag}$  формулою:

$$V_{zag} = \frac{V}{\alpha} \quad (3.11)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку  $\alpha = 0,95$ .

Тоді

$$V_{zag}=2757538,65/0,95=2902672,26 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ=V_{zag}/\beta \quad (3.12)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$ ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$ ; на стадії розробки конструкторської документації, то  $\beta \approx 0,3$ ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$ ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$ ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$ ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,8-0,9$ .

Для нашого випадку  $\beta \approx 0,5$ .

Тоді:

$$ЗВ=2902672,26 \cdot 0,9=3225191,4 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання корпусана з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 3 225 тис грн.

### 3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складас щороку приблизно 64800 шт. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дорожче, тобто за 200 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що



іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2021 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2021-го, 2022-го, 2023-го та 2024-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 64800 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 50000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 40000 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 36000 шт.

У 2025 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta/100) \quad (3.13)$$

де  $\Pi_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що  $\Pi_0 = 450$  грн;

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

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$\Pi_0$  – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

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

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

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (64800 \cdot 200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2213911,44 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (50000 \cdot 200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 1708265,0 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (40000 \cdot 200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 1366612,00 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (36000 \cdot 200) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 1229950,8 \text{ (грн.)}$$

### 3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{\text{абс}}$ . Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (3.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (3.15)$$

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

$\tau$  – 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%);

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

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

$$ПП = \frac{2213911,44}{(1+0.1)^2} + \frac{1708265,00}{(1+0.1)^3} + \frac{1366612,00}{(1+0.1)^4} + \frac{1229950,8}{(1+0.1)^5} = 481040,72 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{\text{абс}} = 4810,24 - 3225,191 = 1585 \text{ (тис. грн.)}$$

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 це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

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

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc}/PV} - 1 \quad (3.16)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 1585/3225} - 1 = 0,57 = 57\%$$

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

$$\tau = d + f, \quad (3.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні  $d = (0,20...0,27)$ ;

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

$$\tau \text{ мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau \text{ мін} = 35\%$$

Оскільки величина  $E_B = 57\% > \tau \text{ мін} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,57 = 1,73$$

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

### 3.11 Висновок

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 науково-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (1,73 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної науково-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

При виконанні робіт в зоні виготовлення виготовлення деталі типу «Кришка 35.40» з використанням CALS-технології виникають небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

-фізичні: рухомі машини та механізми; розлиті на підлогу рідини; підвищена температура поверхонь агрегатів; гострі кромки та шорсткість поверхні; підвищена запиленість; загазованість повітря; мікроклімат, який не відповідає нормативам; недостатня освітленість; підвищений рівень шуму і вібрації в приміщенні; ультрафіолетове випромінювання при проведенні короткочасного підварювання безпосередньо на робочих постах; враження електричним струмом;

- хімічні: відпрацьовані гази та розчинники;

- психо-фізіологічні: монотонність праці.

### 4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Згідно санітарним нормам  $V = 15 \text{ м}^3/\text{люд}$ ,  $S = 4,5 \text{ м}^2/\text{люд}$ . Реальні показники площі і об'єму знаходяться в межах допустимих значень.

Виробнича санітарія складається із визначення необхідних параметрів, розглянемо їх.

#### 4.2.1. Мікроклімат

Дана зона виробництва відноситься до категорії робіт – Пб. В зоні виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення параметрів мікроклімату згідно ГОСТ 12.1.005 - 88

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість		Швидкість повітря	
		діюча	допустима	діюча	допустима	діюча	допустима
холодний	П б	15-20	15-21	55-65	<75	0,2-0,4	<0,4
теплий	П б	15-20	15-21	60-75	<75	0,2-0,4	0.2-0.5

Теплове опромінення не перевищує нормативне 100 Вт/м<sup>2</sup> - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла людини.

Максимальна допустима для роботи температура поверхонь  $\leq 45^{\circ}\text{C}$ .

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполуканням. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі.

Система опалення виконується з умов забезпечення температури повітря в приміщенні в холодний і перехідні періоди року на рівні  $+ 16^{\circ}\text{C}$ .

Опалення централізоване, в якості теплоносія – гаряча вода з температурою  $+80\dots+95^{\circ}\text{C}$ . Джерелом теплопостачання є ТЕС. Опалення здійснюється трубами  $d = 100$  мм, система опалення – двухтрубна з верхньою розводною, тупікова.

#### 4.2.2. Виробниче освітлення

В приміщенні зони є природне та штучне освітлення, які нормуються згідно санітарних норм.

Нормативне значення природнього освітлення:

$$e^4 = e^3 \cdot m \cdot c = 1; \quad (4.1)$$

де  $e$  – нормативне значення КПО для 3-го світлового поясу;

$m$  - коефіцієнт світлового клімату;

$c$  - коефіцієнт сонячності.

Нормативне значення штучного освітлення  $E = 200$  лк (для загального освітлення). Згідно норм і правил роботи по виготовленню пристроїв в механічному цеху відносяться до IV розряду зорових робіт і нормативні значення приведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодне освітлення
					Лк	КЕО, % Бічне
Середня робота	0,5-1	IVб	Великий	Світлий	500	1,5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65. Отже вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком  $\Phi = 1180$  тривалістю горіння  $10 \cdot 10^3$  годин.

#### 4.2.3. Виробничий шум.

В робочій зоні має місце широкополосний шум, що виходить від роботи обладнання. Для широкополосного шуму відповідно встановлені допустимі рівні звукового тиску в активних полосах частот, рівні звукового тиску на робочих. Для ослаблення шуму, який поширюється з приміщення назовні, використаємо звукоізоляцію огорожуючих конструкцій.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні шуму на робочих місцях

Рівні звукового тиску в дБ в активних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку ДБ/А	
									нормат.	діючий
31,5	62	125	250	500	103	2 103	4103	8 103	80	70 А
107	90	87	82	78	75	73	71	69		

В зоні відновлення робочих поверхонь прокатних валків прокатного стану працівник підпадає під дію шкідливих вібрацій не всю зміну, а тільки коли працюють



обладнання та інструмент. В середньому загальній технологічній вібрації підлягає на протязі 150 хв, а локальній – 100 хв.

#### 4.2.4. Виробничі вібрації

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого виробничого обладнання на працюючих може виникати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підшвиць.

Таблиця 4.4 – Нормативні рівні звукового тиску на дільницях

Робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих заходах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки – границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 4.5.

Для зниження вібрації використовуємо спеціальні звукопоглинаючі кожухи і конструкції коло робочого місця, заключаєм у звукопоглинаючі кожухи шумні вузли агрегатів(редуктора. цепні передачі).

Таблиця 4.5 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_H$ м/с <sup>2</sup>	$L a_H$ дБ	$V_H * 10^{-2}$ м/с	$L v_H$ дБ
Локальна		$X_n, Y_n, Z_n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Для зменшення вібрації машини і верстати встановлюють на фундаменті, заглибленому нижче фундамента стін, ізолюваному від землі повітряними розривами, чи на спеціальних амортизаторах із сталевих пружин.

Для зниження вібрації при роботі з пневматичними і електричними машинами використовуємо рукоятки з вібропоглинаючими чи автоматизуючими пристроями.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

При проведенні робіт випромінюються невидимі ультрафіолетові промені, які оказують шкідливий вплив на сітчатку і рогову оболонку очей.

Для захисту очей від цієї шкідливої дії використовують щітки і шоломи з захисним склом. Їх виготовляють з фісри чорного матового кольору.

Електрозварювальні роботи виконують в спеціальних кабінах. Стіни кабіни окрашують в матовий колір, що містить окис цинку, ця краска інтенсивно поглинає ультрафіолетове випромінювання.

### 4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 4.3.1 Техніка безпеки

В зоні виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному

огляду. Особи, що працюють віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 280/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

#### 4.3.2. Електробезпека

Приміщення дільниці відноситься до приміщень з особливою небезпекою.

Характеризується: наявністю струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику працівника до металевих конструкцій приміщення, які мають з'єднання із землею та із металевими корпусами обладнання.

Для захисту працівника від ураження електричним струмом передбачаємо:

- занулення всіх неструмоведучих частин обладнання;
- встановлення захисного вимикання;
- ізоляція та прокладка всіх електрокабелів в металевих трубах;
- використання інструментів з ручками із ізолюючого матеріалу.

#### 4.4 Пожежна безпека

Зона виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння відноситься до категорії В. Будівельні конструкції та елементи приміщення виготовлені з негорючих матеріалів і мають II ступінь вогнестійкості.

Основні причини можливих пожеж:

- відкритий вогонь та іскри, коли не передбачено спец. засобів захисту;
- паління на робочих місцях;
- самозапалення промасляних обтирочних матеріалів;
- короткі замикання в електромережах;
- негерметичність систем живлення автомобілів;
- короткі замикання акумуляторних батарей;
- загоряння бензину при відкритих пробках бензобаку;

- порушення правил ПБ;
- розряди блискавки на приміщення.

Запобігання виникнення пожежі досягається наступними шляхами:

- запобігання заборони застосування відкритого вогню та паління на робочих місцях;
- встановлення в електромережах струмового захисту (плавкі вставки, автомати);
- прокладенням електропроводки в металевих трубах;
- ремонтом систем живлення двигунів у відповідних місцях;
- відключенням або зняттям з авто акумуляторної батареї;
- виконанням правил ПБ;
- спорожненням ящиків від промасляного ганчір'я кожної зміни;
- встановленням на території блнскавкозахисту II категорії.

У приміщенні передбачено такі первинні засоби пожежогасіння:

- |  |   |
|--|---|
| - вогнегасники хімічні пінні ОХП-10              | 2 |
| - вогнегасники порошкові ОП-5                    | 2 |
| - ящики з піском (0.5 м <sup>3</sup> ) і лопатою | 2 |
| - пожежні крани, продуктивність 3,3л/с           | 1 |

На території підприємства витримуються протипожежні розриви між будівлями, спорудами та групами автомобілів в зоні їх зберігання.

Для пожежогасіння на території підприємства передбачені пожежні гідранти, продуктивністю 15л/с і пожежні резервуари.

#### 4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

4.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т. д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища

екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість склу додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів – мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеною на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8-150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металеві сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до долей Ом.

#### 4.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}},$$

де  $U_d$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Оскільки працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде збережено, коли  $K_B \geq 40$  дБ, то розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що  $K_{B\min} = 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення в системі ЧПК дорівнює

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} N = 18 + \frac{18}{100} 5 = 18,9 \text{ (В)},$$

де  $U_{ж} = 18$  В – робоча напруга живлення;

$N = 5$  – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить  $l_{\Gamma} = 0,65$  м.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК визначається з рівняння

$$K_{B\Gamma} = 20 \lg \frac{U_d}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_d}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_d}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ (В)}.$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_r}{l_r} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ (В/м)}.$$

Отже область працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного випромінювання визначена вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання розрахунки показали, що в умовах дії електромагнітних випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

#### 4.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки, розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення, а також визначено області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань.



## ВИСНОВКИ

В роботі виконано чисельне моделювання процесу деформування поверхневого шару матеріалу деталей при обкочуванні роликком з використанням МСЕ, в результаті якого встановлено напружено-деформований стан матеріалу в залежності від параметрів обкочування.

Визначено напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика з довільною кривизною робочої поверхні в поверхню довільної кривизни. Виконано дослідження процесу обкочування та визначено вплив технологічних факторів на твердість поверхневого шару та шорсткість отримуваної поверхні.

Із отриманих залежностей можна зробити висновок, що після обкочування шорсткість поверхні деталей із Сталі 3 та Сталі 20 знизилася на 1 клас, а на деталі, виготовленій із сталі 45, вдалося отримати майже дзеркальну поверхню. Крім того встановлено, що твердість зростає при повторному обкочуванні, але на величини значно менші ніж отримані після першого проходу. Наприклад, при обкочуванні сталі 45, що мала вихідну твердість 211 МПа, після одноразового обкочування було досягнуто 278 МПа, а після триразового обкочування ця величина складала 286 МПа.

Шорсткість значно знижується після першого проходу, після другого залишається майже незмінною, а вже після 3-4 проходів клас шорсткості знову зростає.

Отже потрібно комплексно підходити до вибору всіх технологічних параметрів при обкочуванні деталей, що дозволить отримати якісну поверхню після обробки.

Отримані результати використані при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка 35.40», виконано наступне:

- зроблений аналіз конструкції та технологічності деталі;
- визначено тип виробництва і форму організації на ній;
- з двох альтернативних запропонованих варіантів на базі техніко-економічного порівняння визначено спосіб виготовлення заготовки – лиття

в оболонкові форми;

– виконано аналітичний огляд відомих та типових маршрутів обробки подібних до заданої деталі;

– визначено способи та кількість етапів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності;

– обґрунтовано вибрані технологічні бази деталі;

– запропоновано маршрут механічної обробки;

– виконано розмірний аналіз технологічного припуску;

– аналітично визначено припуски та технологічні розміри на одну з найбільш точних поверхонь – циліндричну поверхню  $\varnothing 50$ ;

– аналітичним способом визначені режими обробки;

– виконано технічне нормування технологічного процесу;

– спроектована дільниця механічної обробки, для чого розрахована приведена програма, визначено верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих;

– розроблена графічна частина, до складу якої увійшли креслення деталі та заготовки, плакати з технологічним маршрутом та розмірним аналізом процесу, карта налагодження.

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (1,73 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№ 10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. 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.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

10. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: ТулГУ. – 2004. – С. 150-156

11. Сухоруков С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорков, И. О. Сивак, Е. И. Коцюбивская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. – №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

12. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

13. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

14. Огородников В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородников, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

15. 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.

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

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

18. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.

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

20. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач, - Киев «Выща школа». 1999.-247 с.

21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И. ] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.

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

23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.

24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.

25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.

26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
29. Антолюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
34. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
35. 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>. Назва з екрану.
36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



Міністерство освіти і науки України  
 Вінницький національний технічний університет  
 Факультет машинобудування та транспорту  
 Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_ (підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технології отримання заготовки і виготовлення деталі типу  
 «Кришка 35.40» з використанням CALS-технології  
 08-26.МКР.018.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., проф. каф. ТАМ  
 Буренніков Ю.А. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м  
 спеціальності 131 – «Прикладна механіка»  
 Степанківський С.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Кришка 35.40» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

### 2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

### 3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Кришка 35.40».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

### 4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

### 5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	пояснювальна записка

#### 6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

#### 7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

#### 8. Вимоги до оформлення МКР

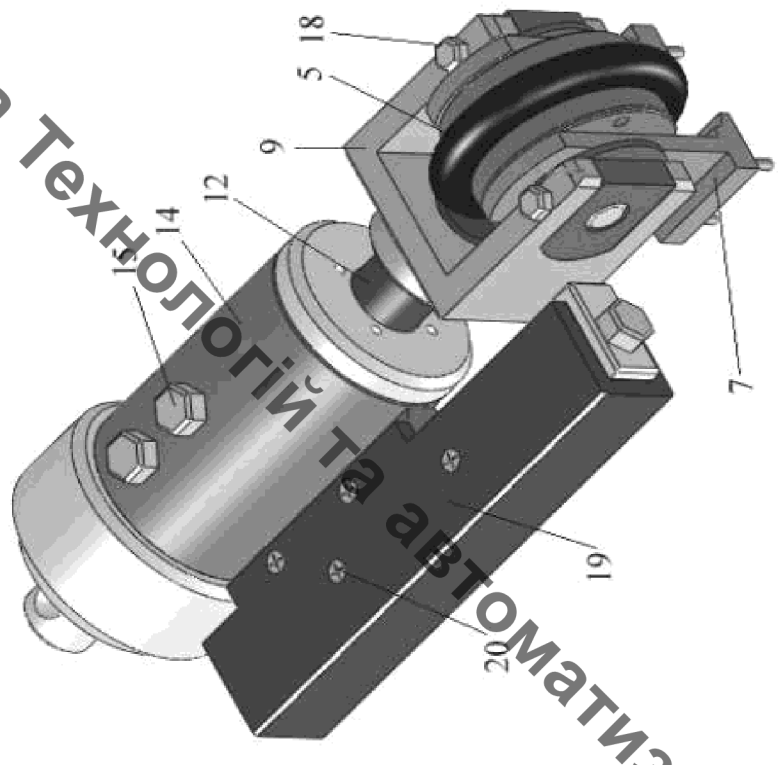
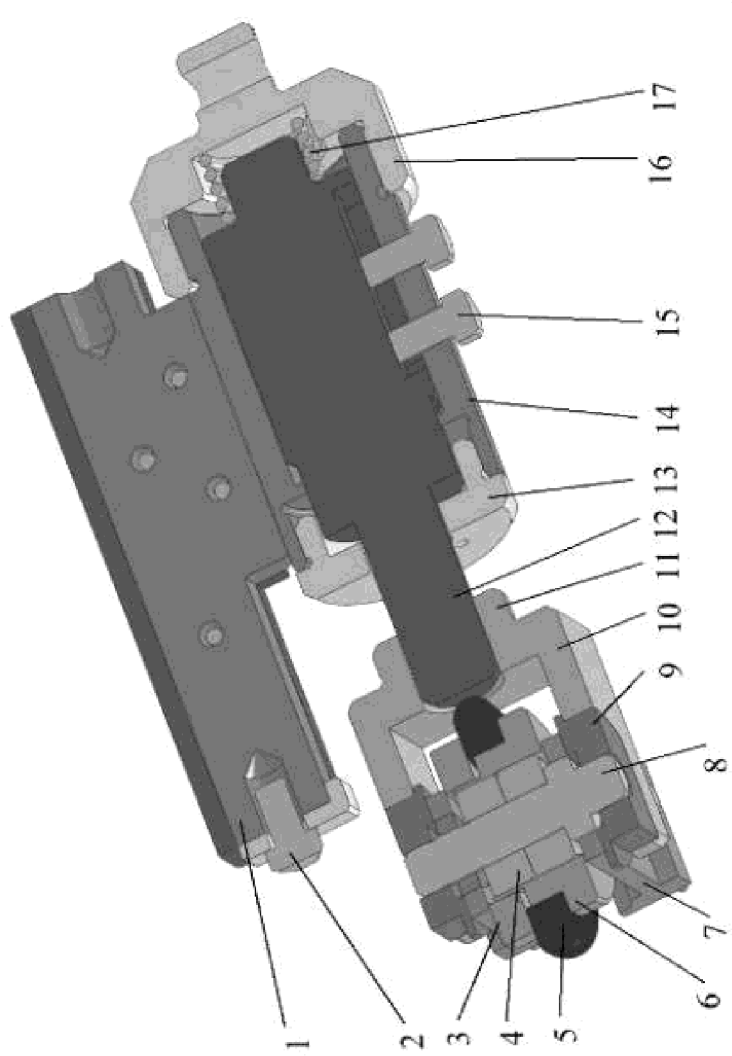
Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

#### 9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом Відсутні.

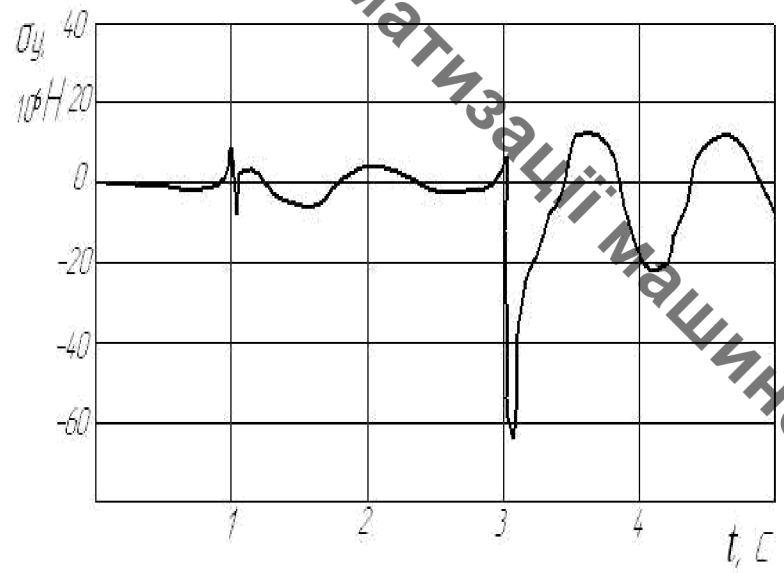
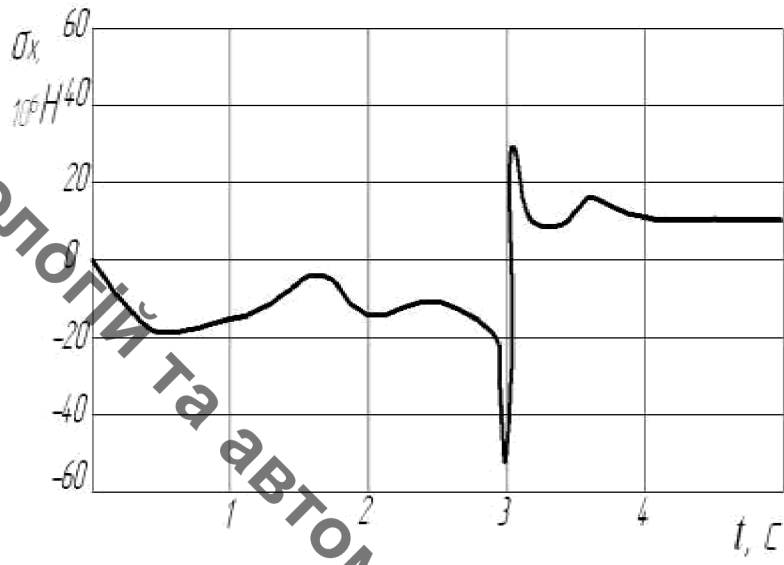
Додаток Б

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

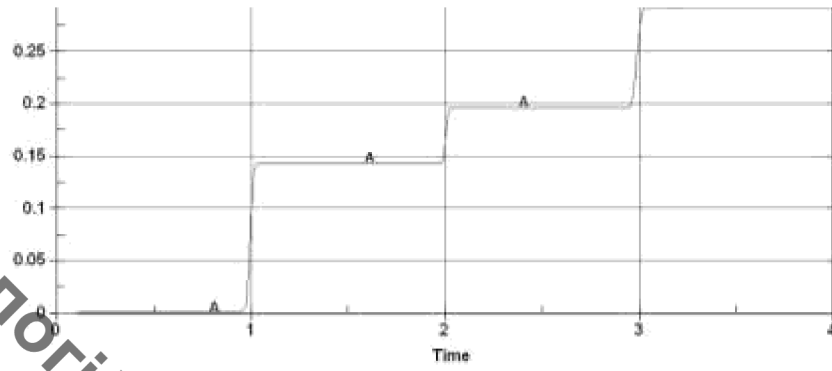


3d - модель пристосування для обкочування

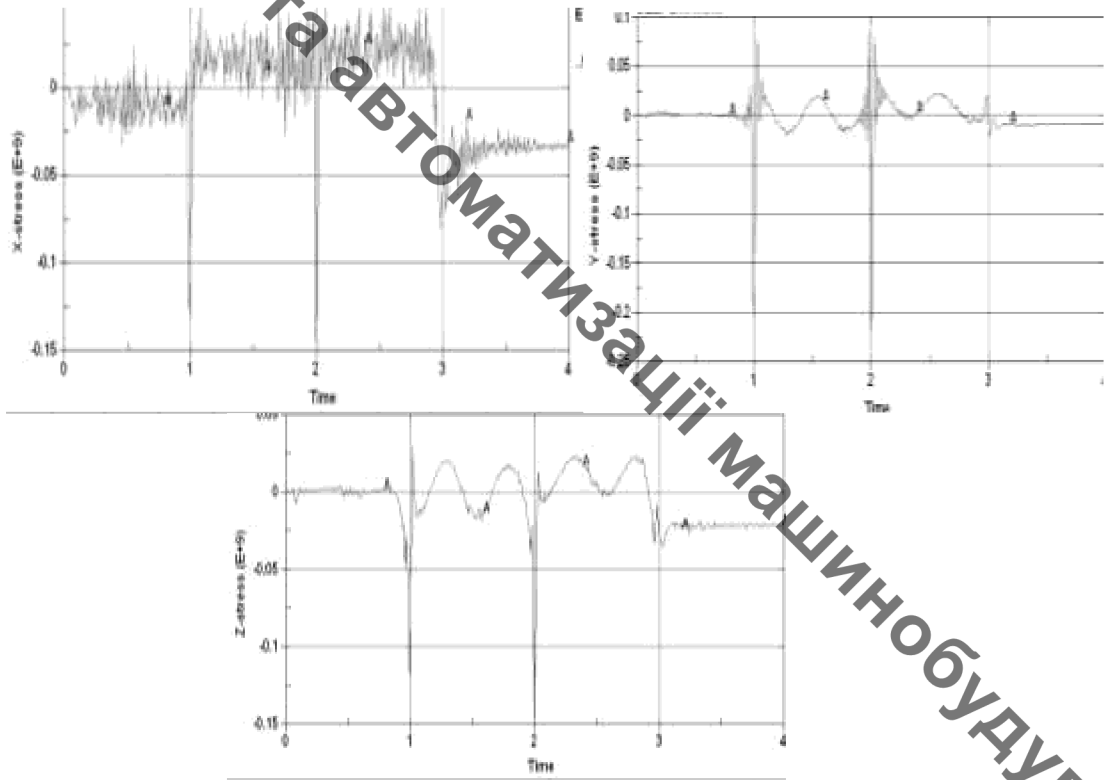


Нормальні напруження

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

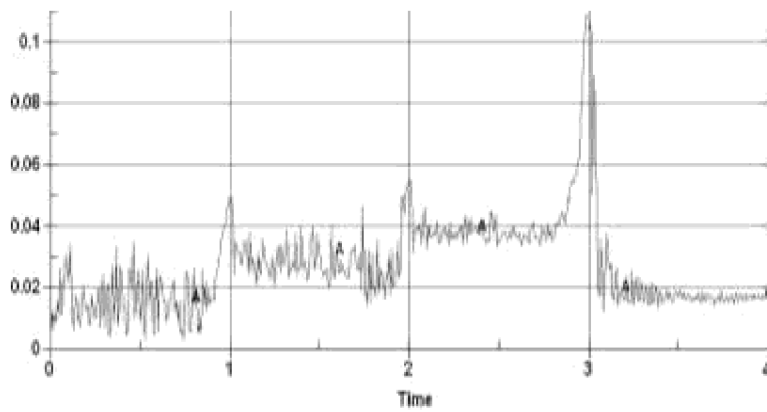


а)



б)

Пластична деформація (а) та головні напруження (б) отримані МСЕ



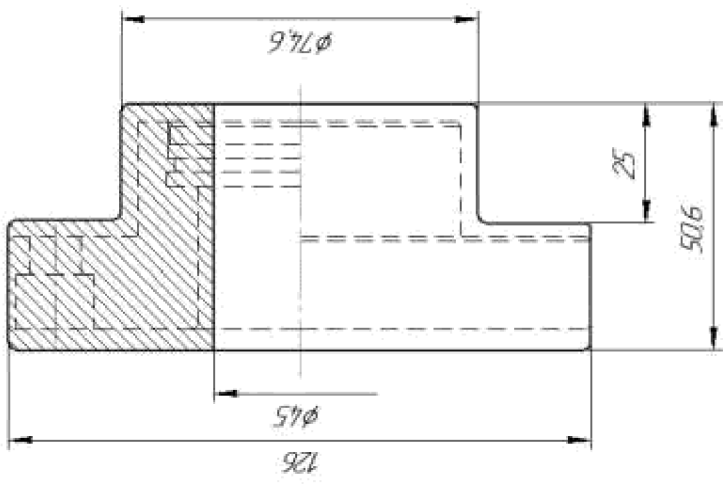
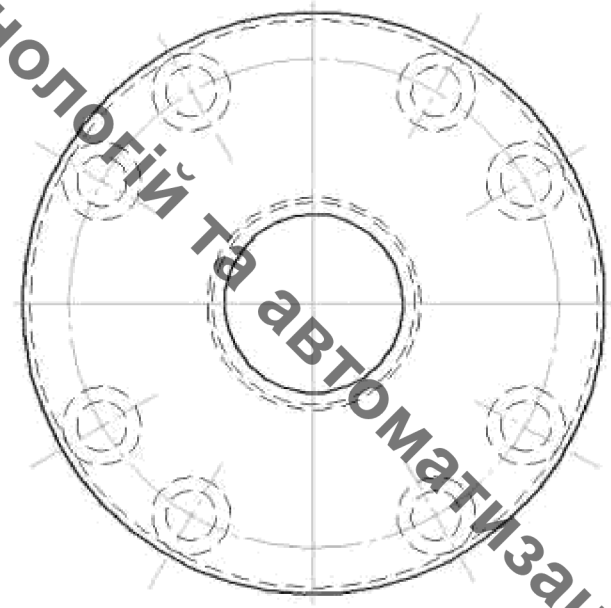
Інтенсивність напружень





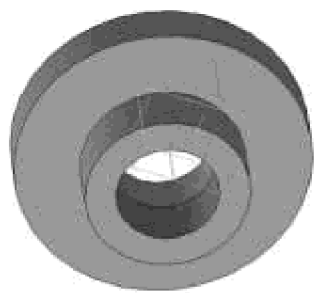
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

✓ Ra 6,3 (Rz 12,5)



1 HRC 35-40

2 Невказані з'являються виконанням отворів НМ, діаметр НМ, інші 1/14/2



08-26.МКР.018.00.002

08-26.МКР.018.00.002

Кришка 35.40

/158 ГОСТ 14.12-79

ВНТУ, ар. ПМ-19ж

Ім'я № розр.	Позн. у форм.	Взам. згід. №	Ім'я № відп.	Позн. у форм.	Екзempl. №	Напр. руху
--------------	---------------	---------------	--------------	---------------	------------	------------

# Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

50000000000000000000

**Технічний малюнок зображення вузла машинобудування.**

**Види:** T2, T3, T5, T6, T7

**Деталі та їхні характеристики:**

- Деталь 50-48-2300 (ЛТТ 1002-3-86) / Висота 4-48-88 (ЛТТ 1002-3-86)
- Середок 2317-0102 (ЛТТ 1002-35)
- Деталь 50-27-3010 (ЛТТ 1002-4-86) / Висота 228-027-080 (ЛТТ 1002-80)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)
- Деталь 2002-2109М (ЛТТ 1002-77)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)
- Деталь 50-2 (ЛТТ 1002-7-86) / Висота 500-081 (ЛТТ 1002-86)

**Таблиця деталей:**

№	Назва деталі	Матеріал	ЛТТ	Колір	Лінійний розмір
1	Автоматичний штифт	Сталь	1002-01-01	01	10
2	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-02	02	10
3	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-03	03	10
4	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-04	04	10
5	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-05	05	10
6	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-06	06	10
7	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-07	07	10
8	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-08	08	10
9	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-09	09	10
10	Висхідний штифт	Сталь	1002-01-10	10	10

**Матеріали:** Сталь, Латунь, Алюміній

**Лінійні розміри:** 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100

Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання.

№оп	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часу
005	Токарно –револьверна з ЧПК	0,853	1	0,853	80,28	0,75
010	Фрезерна з ЧПК	0,752	1	0,752		0,7234

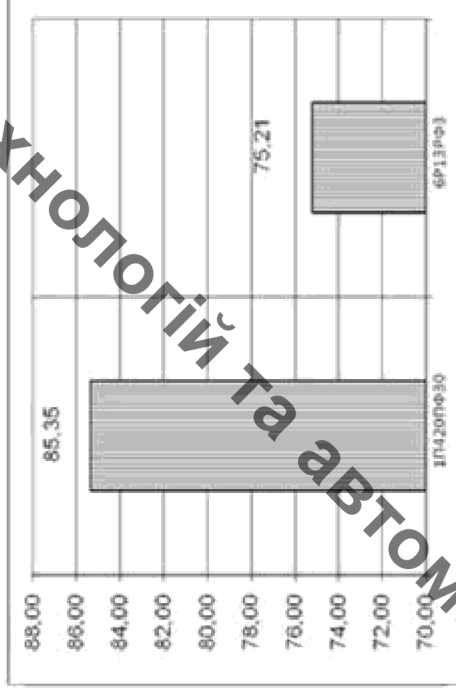


Рисунок 1 – Графік завантаження обладнання

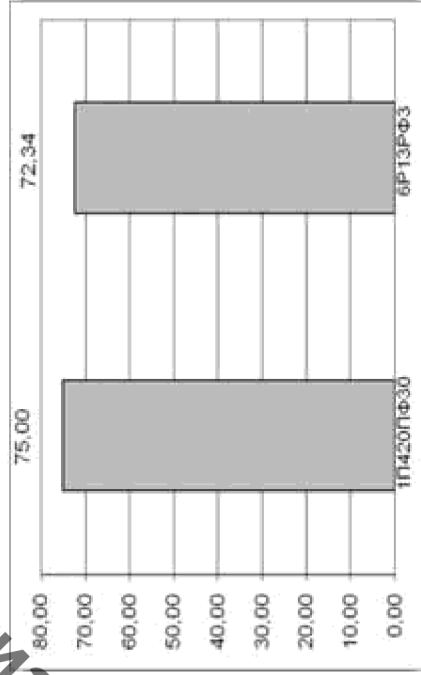


Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 2 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $S_{пр}$	$F_{вр}$ , год	$K_3$	$K_m$	$P_{пр}$ , чел
Токарно-револьверний ЧПК	3	1840	0,853	1	0,946
Фрезерний з ЧПК	1		0,752	1	0,816

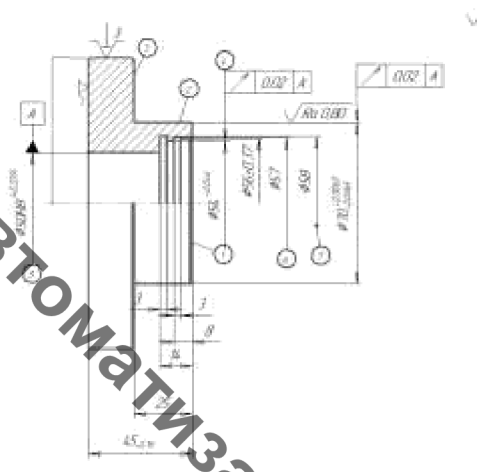
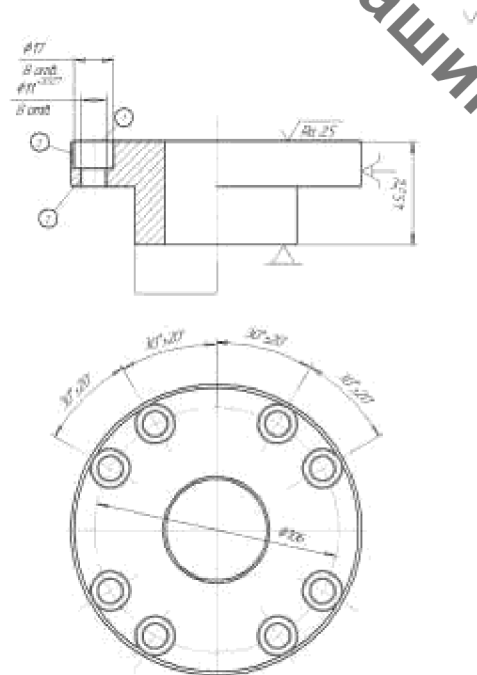
Таблиця 3 – Відомість складу працюючих ділянки

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

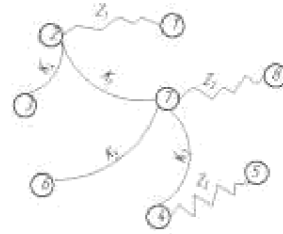
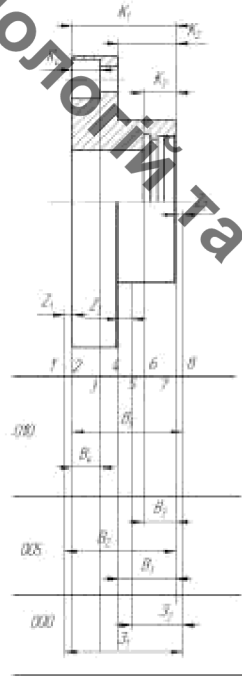
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

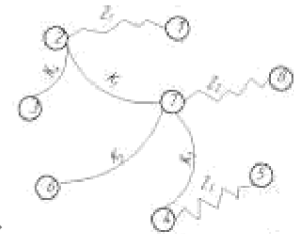
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закрити заготовку</li> <li>2 Точити торець 1 одноразово в розмір згідно ескизу, поверхню 2 попередньо в розмір 70,6(-0,25) та торець 3 в розмір згідно ескизу</li> <li>3 Точити поверхню 2 в розмір 70,2(-0,1)</li> <li>4 Точити поверхню 2 остаточно в розмір з 70,05(-0,084)</li> <li>5 Розточити отвір 4 попередньо в розмір 55,12(+0,4) та отвір 5 попередньо в розмір 4,9,12(+0,25)</li> <li>6 Розточити канавки 6 та 7 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>7 Розточити остаточно отвір 4 в розмір згідно ескизу та попередньо отвір 5 в розмір 4,9,7(+0,1)</li> <li>8 Розточити остаточно отвір 5 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>9 Обкатити поверхню 2 в розмір згідно ескизу</li> <li>10 Зняти заготовку</li> </ol>		<p>Багатоцільовий з ЧПК M4 2037440</p>
010	<p><b>Фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закрити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати поверхню 1 витримуючі розмір вказаний на ескізі</li> <li>3 Центрувати в отворі 2 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>4 Свердлити в отворі 2 в розмір 10(+0,22)</li> <li>5 Цекувати в отворі 3 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>6 Зенкерувати в отворі 2 в розмір 10,8(+0,12)</li> <li>7 Розвернути в отворі 2 витримуючі розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Зняти заготовку</li> </ol>		<p>Фрезерний з ЧПК 6P3PФ3</p>

Розмірний аналіз технологічного процесу



Початковий граф-дерево



Вихідне граф-дерево



Сумщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невдома ланка
1	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	$B_2$
2	$B_4 - K_1 = 0$	$B_4 = K_1$	$B_4$
3	$B_1 - K_3 = 0$	$B_1 = K_3$	$B_1$
4	$B_1 - K_2 = 0$	$B_1 = K_2$	$B_1$
5	$Z_1 + B_4 - B_2 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_4$	$Z_1$
11	$Z_1 - B_2 - Z_2 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_2$	$Z_2$
12	$Z_2 - B_1 - Z_3 = 0$	$Z_3 = B_1 - Z_2$	$Z_3$

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розміри виготовлені та їх допуски

Позначка розміру	Технологічний розмір		Допуск	Виготовлений розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслі після вилучення заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z <sub>1</sub>	45,31	46,49	0,58	46,49		46,49
Z <sub>2</sub>	24,904	24,534	0,43	24,53		24,53
B <sub>1</sub>	25,904	25	0,906	25	25 мм	
B <sub>2</sub>	45,4	45,31	0,11	45,31	45,51 мм	
B <sub>3</sub>	13,85	14,15	0,3	14	14 мм	
B <sub>4</sub>	44,85	45	0,943	45	45 мм	
B <sub>5</sub>	11,975	12,125	0,25	12	12 мм	

Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z <sub>1</sub>	0,4	0,55
Z <sub>2</sub>	0,4	1,09
Z <sub>3</sub>	0,4	1,56

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування