

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 технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу  
«Поршень 12.148»  
08-26.МКР.008.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Гой Б.О. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., ст. викл. каф. ТАМ  
Сердюк О.В. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

\_\_\_\_\_  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вінниця ВНТУ - 2019 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.

«04» жовтня 2019 р.

### **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гой Богдан Олександрович

Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): \_\_\_\_\_ Удосконалення техно-  
логічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Поршень 12.148»

керівник МКР \_\_\_\_\_ Сердюк О.В.

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «2» жовтня 2019 року №254.

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня 2019

3. Вихідні дані до МКР: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та по-сада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Сердюк О.В.		
Економічна частина	Кавецький В.В.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак І.П.		

7. Дата видачі завдання «04» жовтня 2019 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2018	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	02.12.2019	
8	Попередній захист МКР	6.12	
9	Перевірка роботи на плагіат	4.12	
10	Нормоконтроль МКР	12.12	
11	Рецензування МКР	16.12	
12	Захист МКР	20.12	

Студент \_\_\_\_\_

Керівник МКР \_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	8
1 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТВЕРДІСТЬ ОБРОБЛЮ- ВАНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКОЧУВАННІ	10
1.1 Стан питання	10
1.2 Залежність стану поверхневого шару від технологічних параме- трів процесу	15
1.3. Висновки	25
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	26
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	32
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	36
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки по- дібних деталей в умовах даного типу виробництва	46
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної оброб- ки циліндричної поверхні	49
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	50
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	53
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 дільниці 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	

## АНОТАЦІЯ

Гой Б.О. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Поршень 12.148». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2019 - 130с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки для збільшення твердості поверхневого шару і зменшення шорсткості завдяки удосконалення процесу фінішної обробки деталей поверхневим пластичним деформуванням, 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, на фінішну операцію обрано спосіб поверхневої пластичної деформації, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання, спроектована дільниця механічної обробки; досліджено напружено-деформований стан в осередку деформації та його залежність від конструктивних та технологічних характеристик процесу; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

## ABSTRACT

Goy B.O. Improvement of the technological process of machining for the preparation of details of the type "Piston 12.148". - Vinnitsa: VNTU, Department of TAM, 2019 - 132s. RPD, 10 sheets of A1 format.

In this work, modernization of the technological process of mechanical processing was performed to increase the hardness of the surface layer and reduce roughness due to the improvement of the process of finishing the parts by surface plastic deformation, namely: analysis of the design and machinability of the part, the method of manufacturing the workpiece was selected, the modernized route of machining of the part was designed on CNC machines with the development of maintenance operations the analysis of the design and machinability of the part, the method of manufacturing the workpiece was chosen, the modernized route of mechanical processing of the part on the CNC machine tools was designed with the development of the maintenance of the operations, the method of surface plastic deformation was chosen for the finishing operation, the dimensional analysis of the technological process was made and the technological dimensions, sizes of allowances and workpieces, the cutting modes are determined, the machining section is designed; the stress-strain state in the deformation cell and its dependence on the structural and technological characteristics of the process are investigated; developed measures for occupational safety and emergency in emergency situations at the machining station. The graphic part is developed.

## ВСТУП

Відомо, що різноманітні корозійні середовища чинять негативний вплив на втомну міцність деталей. Дослідженнями багатьох учених встановлено, що обробка ППД сприяє усуненню дії агресивних середовищ на втомну міцність. Наприклад, обкочування заготовки із сталі 40Х дозволило повністю ліквідувати вплив корозійного ефекту; деталь мала одну і ту ж границю стійкості при дослідженні на повітрі та у воді.

**Актуальність теми** На отримувану після поверхневої пластичної деформації (ППД) поверхня, а саме на її якість впливає багато факторів. Тому постійно вдосконалюються процеси, для того щоб досягнути максимального зміцнення, мінімальної шорсткості при допустимому використаному ресурсу пластичності..

**Метою роботи** Метою магістерської кваліфікаційної роботи є модернізація маршруту механічної обробки деталі Фланець 00.047 для зниження собівартості деталі завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження процесу обкочування деталі Порщень 12.148;
- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК і методів обробки;
- розмірно-точнісне моделювання маршруту механічної обробки;
- проектування дільниці механічної обробки;

**Об'єкт дослідження:** процес обкочування поверхонь деталей.

**Предмет дослідження:** Основні закономірності і методики розрахунку механізмів формування напружено-деформованого стану і основних показників якості деталей при їх обкочуванні гвинтовим роликком.

**Методи дослідження.** Методи теорії розмірних ланцюгів, які дозволили виконати розмірно-точнісне моделювання маршруту механічної обробки, методи теорії автоматичного керування; метод імітаційного моделювання.



**Наукова новизна одержаних результатів** Наукову новизну роботи складають імітаційна модель і результати досліджень характеристик процесу деформаційного протягування.

**Практичне значення одержаних результатів:** полягає в удосконаленні технологічного процесу обробки, а зокрема фінішної операції заготовки деталі типу «Поршень 12.148»; при цьому запропоновані такі нові рішення:

- для найбільш доцільних способів виготовлення виконано розрахунок заготовки, та за техніко-економічним порівнянням обрано як кращий виліток в піщано-глинисті форми;

- розроблений оригінальний технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого технологічного процесу потребує від інвестора вкладень термін окупності яких складає 2,8 року;

- для удосконаленого ТП розроблено план ділянки механічної обробки; при обробці приведеної програми графіки завантаження обладнання знаходяться в рекомендованих межах для серійного виробництва;

- для фінішної обробки запропоновано обробка інструментом із трьома робочими кромками, що дозволило збільшити твердість поверхневого шару.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником.

**Апробація результатів.** Основні матеріали роботи розглядалися на науково технічній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи».

**Публікації.** Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах науково-технічної конференції [1] .

# 1 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТВЕРДІСТЬ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКОЧУВАННІ

## 1.1 Стан питання

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 напруг.

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

Найвагоміший ефект зміцнення від застосування ППД досягається для циклічно навантажених деталей з конструктивними або експлуатаційними концентраторами напруг. 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 по-

верхньому шарі залишкових напруг 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 роликami. 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 роликом 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 забезпечу-

ють їм широке застосування у виробничій практиці. При їхньому використанні постійна форма відбитка зберігається незалежно від точності установки ролика і твердості системи

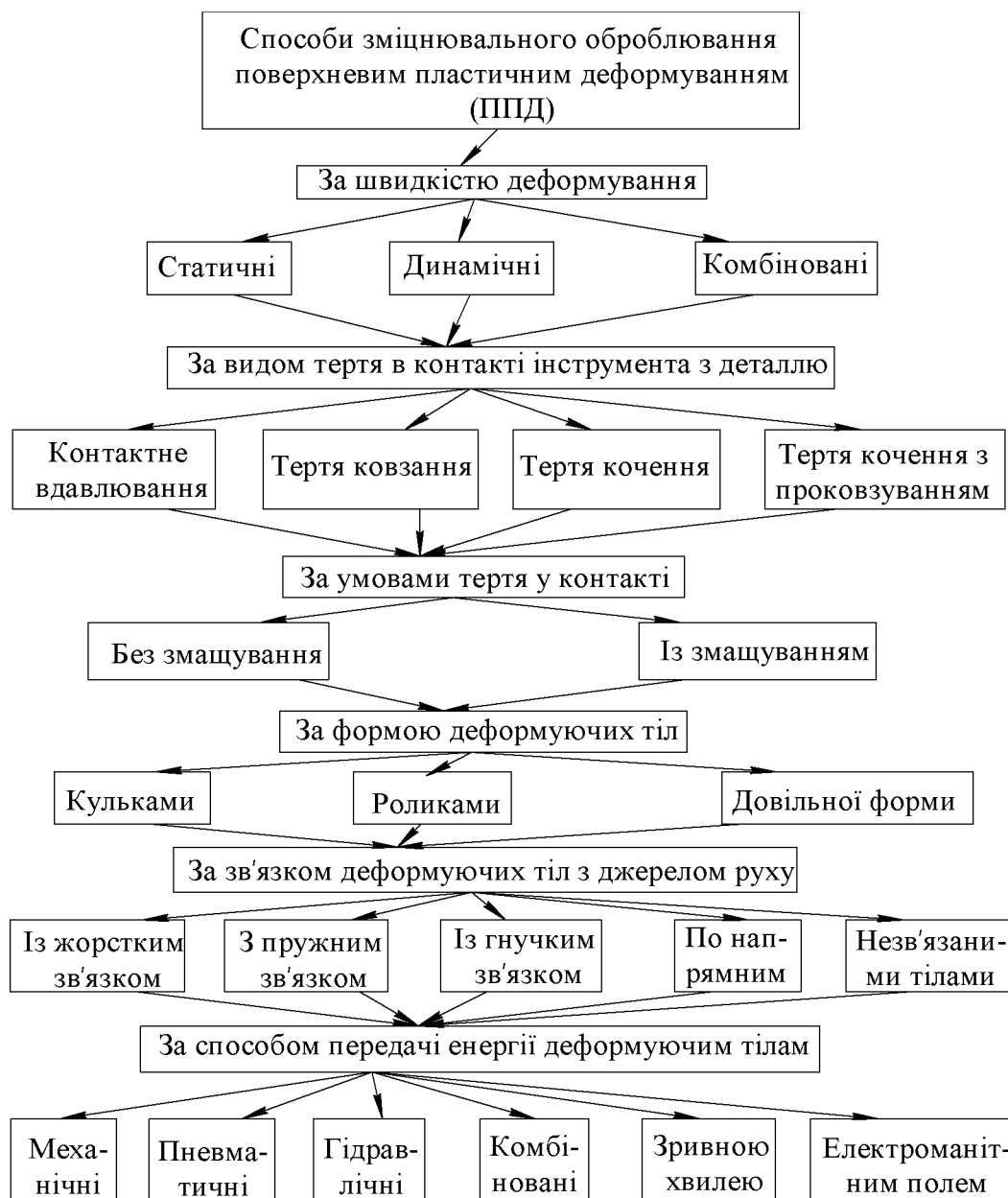


Рисунок 1.1 - Класифікація способів зміцнювального оброблювання ППД верстат-інструмент-деталь. Ролики кругового профілю широко використовуються при чистовому обкатуванні і служать основним інструментом для зміцнення. Прямокутний відбиток створюється при лінійному вихідному контактї ролика з деталлю.

Умовою утворення лінійного контакту служить рівність абсолютних величин кривизни профілю ролика і деталі. Наприклад, лінійний контакт мають циліндрична деталь з роликом прямокутного профілю при рівнобіжних утворюючих, галтель і гороподібний ролик — при рівних по абсолютній величині радіусах кривизни і т.п. Прямокутний відбиток створює найкращі умови деформації при обкатуванні без подовжньої подачі коротких поверхонь, коли ширина ролика перекриває довжину ділянки, що обкатуються, (повноконтатні ролики).

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

Ролики звичайно виготовляють зі сталі марок Х12, Х12М, ХВГ, 5ХНМ, ШХ15, У10, У 12 і гартують на твердість НКС58—65. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні роликів іноді наплавляють твердими сплавами.

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 обкатаної 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

Таблиця 1.1 - Вплив технологічних параметрів на результати обкатки деталей роликком

Зміна параметра режиму обкатки	Твердість поверхні	Глибина наклепу	Остаточні напруження	Шорсткість поверхні
Збільшення сили обкатки	Значно збільшується	Значно збільшується	Інтенсивно зростають до певної межі, після чого зменшуються	Спочатку знижується на 1-2 класа, потім зростає
Збільшення профільного радіуса ролика	Зменшується	Зменшується	Зростають до максимуму, потім зменшуються	Зростає на 2-3 класа
Збільшення поздовжньої подачі	Зменшується	Незначно зменшується	Має максимум при певні величині	Зростає
Збільшення числа проходів	Зменшується	Майже не змінюється	Майже максимальних значень досягають при першому проході, при 2 і 3 незначно зростають, потім зменшуються	1-й прохід зменшує, 2-4 не змінюють, наступні зменшують
Збільшення вихідної твердості оброблюваної заготовки	Зменшується	Незначно зростає	Зростають	Зменшується на 1-2 класа
Збільшення вихідної шорсткості поверхні	Зменшується	Зменшується	Зменшуються	Зменшується на 2-3 класа

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 пове-

рхневому шарі обкатаних валів показує, що найбільш деформований шар металу в поверхні не є найбільш напруженим. Поблизу поверхні відзначається спад напруг. 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.

## 1.2 Залежність стану поверхневого шару від технологічних параметрів процесу

При виготовленні заготовок методами обробки металів тиском, особливо при освоєнні нових технологій, на поверхні або в середині деформуємого металу можуть виникати макротріщини. В таких випадках продукція вважається бракованою. Можливі також випадки, коли запас пластичності металу дуже мало використовується. Внаслідок чого мають місце значні виробничі витрати. Крім того, при розробці нових технологій не завжди відомі шляхи, як запобігти утворенню тріщин, а також ускладнена експертна оцінка придатності даного технологічного процесу для виготовлення бездефектної продукції.

Для деяких видів продукції недопустиме створення навіть мікродефектів, оскільки це може призвести до погіршення експлуатаційних характеристик. В зв'язку з цим важливими є задачі дослідження кінетики пластичного розпушення, формування критерію макроруйнування металу та вибір на цій основі оптимальних умов процесу пластичного формозмінення. Тому актуальною залишається проблема розробки процесів ОМТ, в яких не виникають порушення суцільності в матеріалі деформуємої заготовки.

Відомо, що пластична деформація металу супроводжується його розпушенням [3], яке можна оцінити залишковим відносним збільшенням об'єму.

Так як зміна об'єму мала, то в практичних розрахунках використовувати значення пластичного розпушення як міру пластичності дуже важко. Крім того, задача ускладнюється тим, що експериментальні вимірювання зміни елементарних об'ємів в пластичній області практично неможливі.

Поверхнєве пластичне деформування призводить до значного підвищення характеристик конструктивної міцності деталей машин, виготовлених зі сталей, чавуну, кольорових металів та сплавів; втомлювальної міцності, контактної витривалості, контактної жорсткості, зносостійкості, корозійної стійкості та ряду інших.

В табл. 1.2 приведені результати дослідження мало циклової втомлюваності гладеньких зразків на базі 8-10 цикл / хв (14).

Як видно з табл. 1.2., ППД дає суттєве підвищення довговічності в порівнянні із шліфуванням, причому найбільше підвищення довговічності (в 3-7,5 разів) було досягнуто при обкатуванні роликом.

Особливо ефективним є застосування обробки ППД деталей із різноманітними концентратами напружень. Збільшення границі витривалості при багаточислової втомлюваності тим вищі, чим більша концентрація напружень. В такому випадку ППД, як зміцнюючий метод обробки має перевагу у порівнянні з термічними і хімічно-термічними методами.

Таблиця 1.2 - Довговічність зразків в залежності від методу обробки

Спосіб обробки	Число циклів до руйнування при $\sigma_{\max}$				
	1360 МПа			1000 МПа	
	30ХГСА	08Х17Т	ВКС2Ю	ВНС5	ВНС2
Шліфування	7400	6900	7400	20750	19280
Віброшліфування	19100	19700	30000	-	53650
Вібронаклеп	21000	20300	22800	96300	105100



Обдування дроб`ю	24000	22300	-	76300	-
Пневмодинамічний наклеп	-	35500	48400	88700	-
Обкатка роликом	24500	42000	>1000000	44000	150000
Алмазне вигладжування	-	-	35161	180000	-
Обдування металічним піском	12500	11200	21000	70000	85040
Обдування кварцовим піском	-	-	-	-	48500

Особливо ефективним є застосування обробки ППД деталей із різноманітними концентратами напружень. Збільшення границі витривалості при багаточисловій втомлюваності тим вищі, чим більша концентрація напружень. В такому випадку ППД, як зміцнюючий метод обробки має перевагу у порівнянні з термічними і хімічно-термічними методами.

Існують експериментальні роботи, що вказують на підвищення контактної витривалості деталей після обробки ППД. Зміцнення зразків зі сталі 20ХНЗА шариком, діаметр якого 10 мм, при тискові 280 кгс/мм<sup>2</sup> підвищили їхню довговічність при терті кочення на 34-50 % в порівнянні зі шліфованими після цементації і термічної обробки зразками (16).

Л.І. Маркусом встановлено, що зразки, виготовлені зі сталі ШХ15 і зміцненні алмазним вигладжуванням, більш довговічні (при 50%-ній можливості руйнування – в 1.7, а при 10%-ній – в 3,5 рази), ніж зразки, оброблені суперфінішуванням (12).

Відомо, що різноманітні корозійні середовища чинять негативний вплив на втомну міцність деталей. Дослідженнями багатьох учених встановлено, що обробка ППД сприяє усуненню дії агресивних середовищ на втомну міцність. Наприклад, накатування сталі 40Х дозволило повністю ліквідувати вплив корозійного ефекту; деталь мала одну і ту ж границю стійкості при дос-

лідженні на повітрі та у воді (12). Про це ж саме свідчать результати, приведені в табл. І.3 (18).

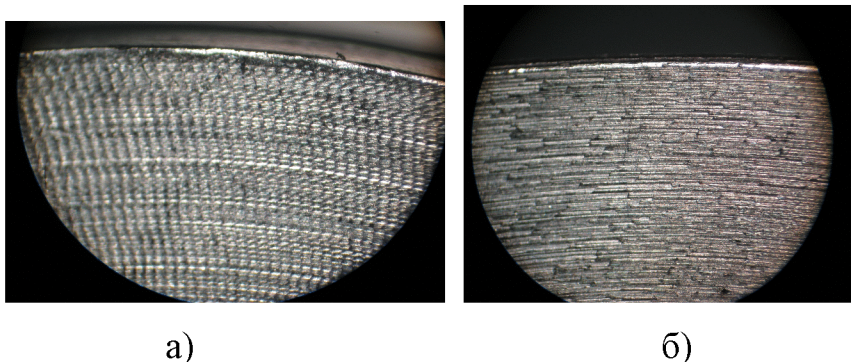
Сьогодні не підлягає сумніву ефективність ППД як методу підвищенні зносостійкості деталей, що працюють в умовах тертя зі змащуванням. В даному випадку зменшується тривалість роботи і, відповідно, початкове зношування в період роботи за рахунок створення оптимального мікрорельєфа поверхневого шару деформаціям.

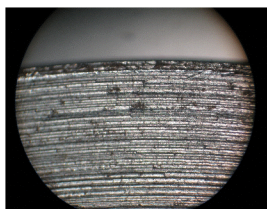
В залежності від конкретних умов роботи деталі в машині, той чи інший параметр якості поверхневого шару має привалюючий вплив на конструктивну міцність.

Вплив якості поверхневого шару на довговічність деталей необхідно розглядати на основі комплексного підходу, що враховує вплив всіх факторів. Такий облік можливий тільки шляхом аналізу пластичної течії металу в осередковій деформації, з одного боку, і обліку механічних властивостей металу, з іншої. Ключовим питанням цієї проблеми є чутливість металу до концентрації напруг, тобто здатність його накопичувати під дією технологічних і експлуатаційних навантажень.

Виконано дослідження впливу режимів обробки на твердість отримуваної поверхні.

Фото отриманих заготовок показано на рисунку 1.2.





в)

Рисунок 1.2 – Поверхневий шар заготовки після обточування із зусиллям 1000 Н (а), 1200Н (б), 1400Н(в)

При використанні деталей оброблених із ППД велике значення має величина твердості, яка була досягнута під час обробки деталі, та товщина шару металу, який зміцнено. Для визначення цих величин експериментальним шляхом використовувалося пристосування показане на рисунку 3.1. Воно досить просте як за своєю конструкцією так і у використанні. Обкатник кріпиться на токарному верстаті у різцетримачі, ролик притискається до заготовки за допомогою пневматичного циліндра. Для того щоб контролювати зусилля із яким проводиться

обкатка, було побудовано тарировочний графік: залежність зусилля з яким

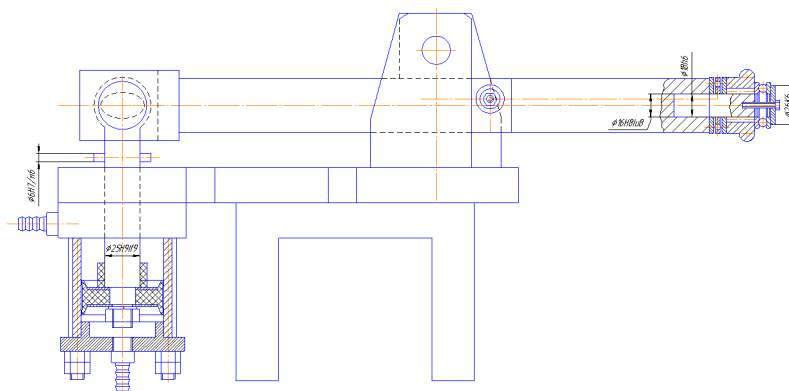


Рисунок 1.3– Пристосування для обкатки

притискається до деталі ролик від тиску у системі. Для цього було використано динамометр, на який передавалося зусилля, діюче на ролик пристосування.

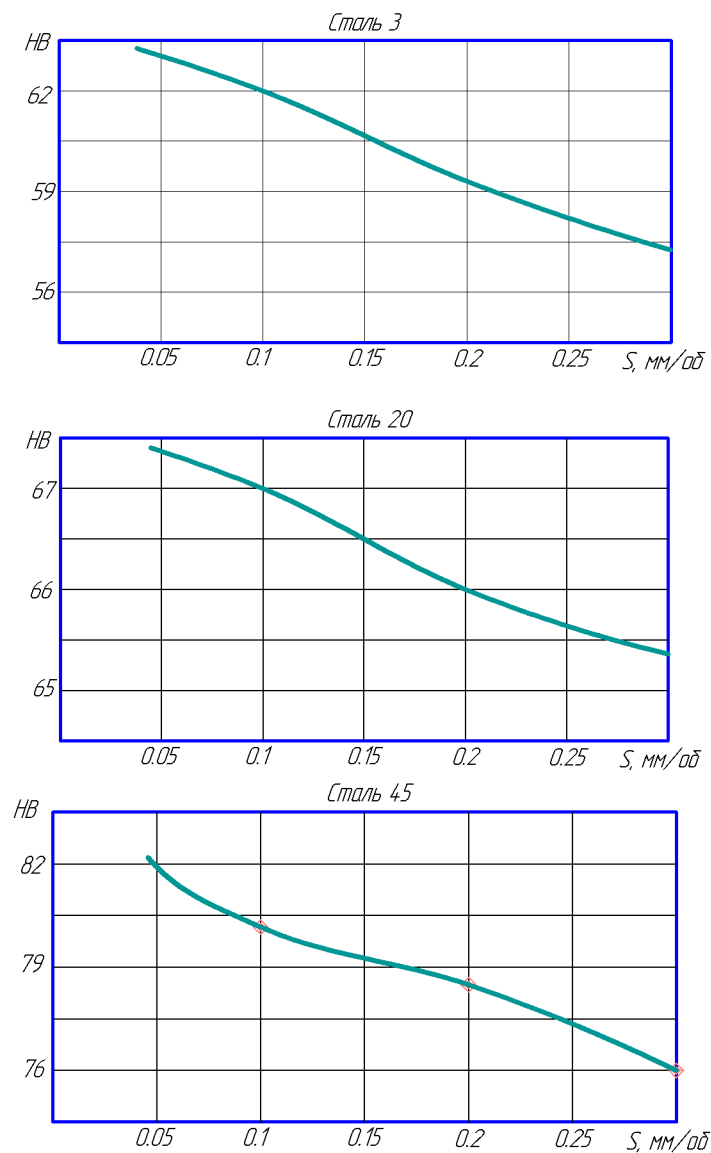


Рисунок 1.4– Залежність отримуваної твердості від подачі при використанні ППД

Для експерименту використано декілька заготовок із різних матеріалів, які обкатувалися із різними подачами, силою обкатки та різною кількістю проходів. На результати обкатки впливають сила обкатки, профільний радіус ролика, діаметр ролика, поздовжня подача, вихідна твердість і шорсткість заготовки.

Експериментальна залежність твердості обкатаної заготовки із сталі 3 від подачі, показана на рис. 1.4. Із графіка видно, що із збільшенням подачі твердість отримуваної поверхні зменшується, хоча і зростає у порівнянні із початковим значенням на 10%. Тобто, дана сталь доволі легко піддається пластичному деформуванню, але ефект від цього не значний.

При обкатуванні заготовки із Сталі 20 твердість зросла на 36 МПа, що становить 16% від початкової твердості. Це значно кращий результат. А вже при обкатуванні Сталі 45 твердість зросла на 25%, тобто твердість деталі за допомогою обкатки роликком можливо підвищити на 71МПа .

При цьому закономірність залежності від подачі зберігається, тобто із збільшенням подачі твердість поверхневого шару після ППД зменшується.

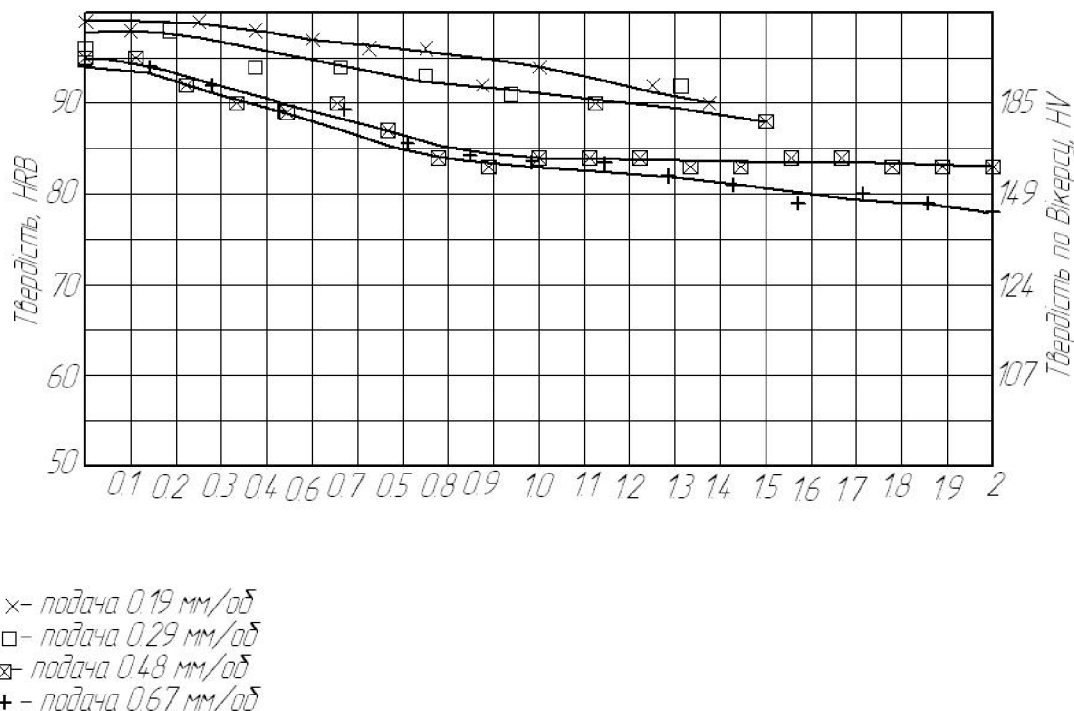


Рисунок 1.5– Залежність твердості від відстані від поверхні (Л 58)

Варто відзначити, що після обкатування 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 обкатуванні, але на величини значно менші ніж отримані після першого проходу. Наприклад, при обкатці сталі 45, що мала вихідну твердість 211 МПа, після одноразового обкатування було досягнуто 278 МПа, а після триразового обкатування 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.

Крім того для визначення товщини зміцненого шару було виготовлено зразки із обкатаних заготовок, на яких виконано шліфи під кутом  $2-5^\circ$ . І, наприклад для латуні 58 отримано залежність твердості від відстані від поверхні деталі, а також їх залежність від подачі

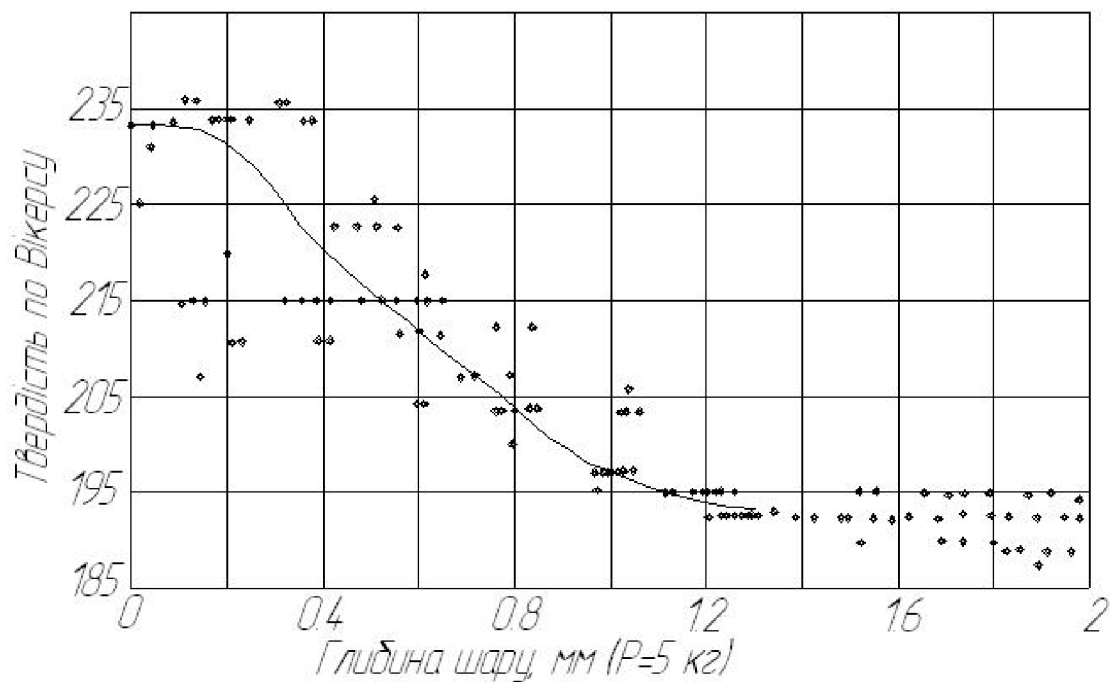


Рисунок 1.6– Залежність твердості від відстані від поверхні (40ХНМА)

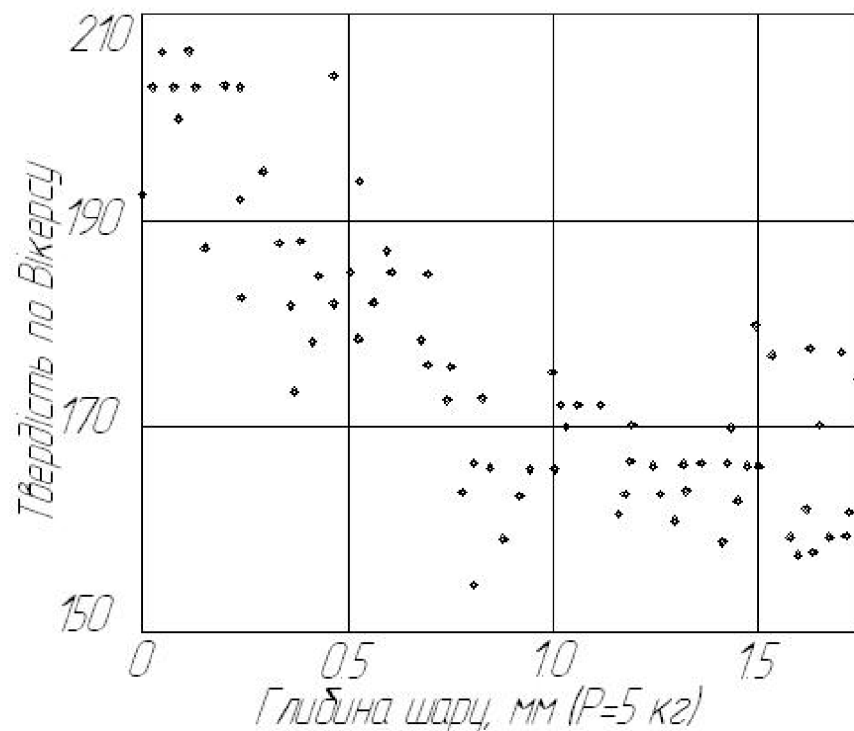


Рисунок 1.7– Залежність твердості від відстані від поверхні (Ст5)

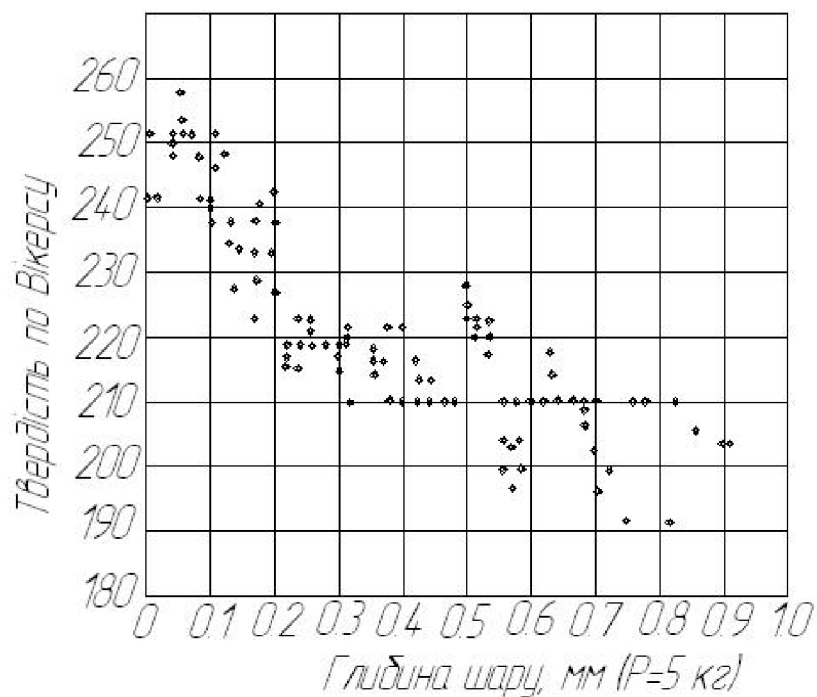


Рисунок 1.8– Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40X)

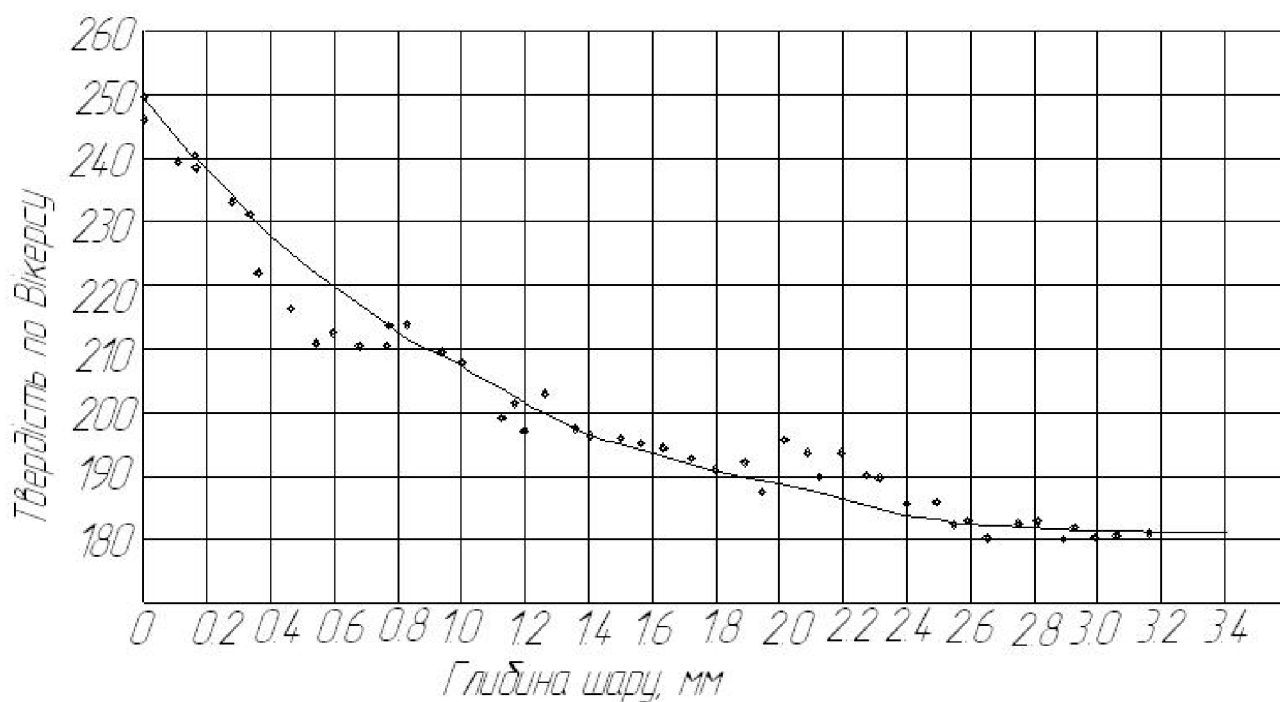


Рисунок 1.9– Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40)

Як видно із графіків зміцнення відбувається приблизно на товщину 1,5 мм,

при цьому при збільшенні подачі твердість зменшується. Тобто потрібно підбрати оптимальні режими обробки для забезпечення необхідної якості поверхні та продуктивності обробки.

Із результатів проведених досліджень випливає що, на якість отримуваної заготовки, її характеристики довговічності і зносостійкості впливає цілий ряд параметрів. При збільшенні сили обкатки значно підвищується твердість обробленої поверхні. При збільшенні поздовжньої подачі зменшується твердість поверхні і дещо збільшується її шорсткість. При збільшенні кількості проходів збільшується твердість, висота мікронерівностей значно знижується після першого проходу, і залишається майже незмінною після декількох наступних, а потім знову зменшується. При збільшенні вихідної висоти мікронерівностей зменшується твердість поверхні, але значно знижується отримувана шорсткість. Тобто, на параметри отримуваної поверхні впливає цілий ряд параметрів, які потребують подальшого вивчення.

#### 1.4 Висновки

Із отриманих залежностей можна зробити висновок, що із збільшенням подачі твердість отримуваної поверхні зменшується, хоча і зростає у порівнянні із початковим значенням на 10%. Тобто, дана сталь доволі легко піддається пластичному деформуванню, але ефект від цього не значний.

При обкочуванні заготовки із Сталі 20 твердість зросла на 36 МПа, що становить 16% від початкової твердості. Це значно кращий результат. А вже при обкатуванні Сталі 45 твердість зросла на 25%, тобто твердість деталі за допомогою обкочування роликком можливо підвищити на 71МПа .

При цьому закономірність залежності від подачі зберігається, тобто із збільшенням подачі твердість поверхневого шару після ППД зменшується.



## 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 “Поршень12.148” і занесені до таблиці 1.1, це точіння зовнішніх поверхонь. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{очн}$ , наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 25$ :

$$T_{очн} = 0,18 \cdot 25 \cdot 244 \cdot 0,001 = 1,098 \text{ хв}$$

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

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

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

Наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 25$  отримаємо:

$$T_{шт-к} = 1,098 \cdot 1,4 = 1,54 \text{ хв}$$

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

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

де  $N = 8400$  шт. – річна програма випуску деталі “Поршень 12.148”;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 38900$  год);

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

Відповідно, наприклад для попереднього точіння поверхні  $\varnothing 25$  необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 8400 \cdot 1,54 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,07$$

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 точіння поверхні Ø25 він рівен 0,07.

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 точіння поверхні Ø25 отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,07 = 10,17$$

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

$$\sum O_i = 10,17 + 9,15 + 8,32 + 79,31 + 32,73 = 139,68$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P=5$

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

$$K_{з.о.}=139,68/5=2794$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв	Тшт, хв	Ср	Р	h з.ф.	О	Кз.о.
1.	Точіння попереднє (Ø25, l=244)	1,098	1,54	0,07	1	0,07	10,17	
2.	Точіння остаточне (Ø25, l=244)	1,22	1,71	0,08	1	0,08	9,15	
3.	Точіння тонке (Ø25, l=244)	1,342	1,88	0,09	1	0,09	8,32	
4.	Точіння попереднє (Ø17, l=46)	0,14	0,20	0,01	1	0,01	79,31	
5	Свердління отвору (Ø16, l=41)	0,34	0,48	0,02	1	0,02	32,73	
	Всього	4,14	5,32		5		139,6	27,94

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

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

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де  $T_{шт-ксер}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  $\eta_3$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad (2.8)$$

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:

$$T_{шт-к_i} = (1,54 + 1,71 + 1,88 + 0,2 + 0,4) / 5 = 1,06$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\delta} = \frac{952}{1.06 \cdot 0.8} = 715$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{8400}{254} = 33$$

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).

$$n = \frac{8400 \cdot 12}{254} = 396.85$$

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

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

$$c = \frac{1.06 \cdot 396}{476 \cdot 0,75} = 1.11$$

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

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,06} = 358 \text{ шт}$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 358 шт.

## 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь «Поршень 12.148» відноситься до класу валів. Складається із ряду циліндричних поверхонь і містить цілий ряд точних діаметральних розмірів. Зображення деталі наведено на рисунку 2.1.

Виготовляється поршень із сталі 45 і піддається термічній обробці. Оскільки даний матеріал має погані ливарні властивості, то заготовка деталі буде отримуватися штампуванням або із прокату (що може бути більш доцільно враховуючи малі перепади діаметрів).

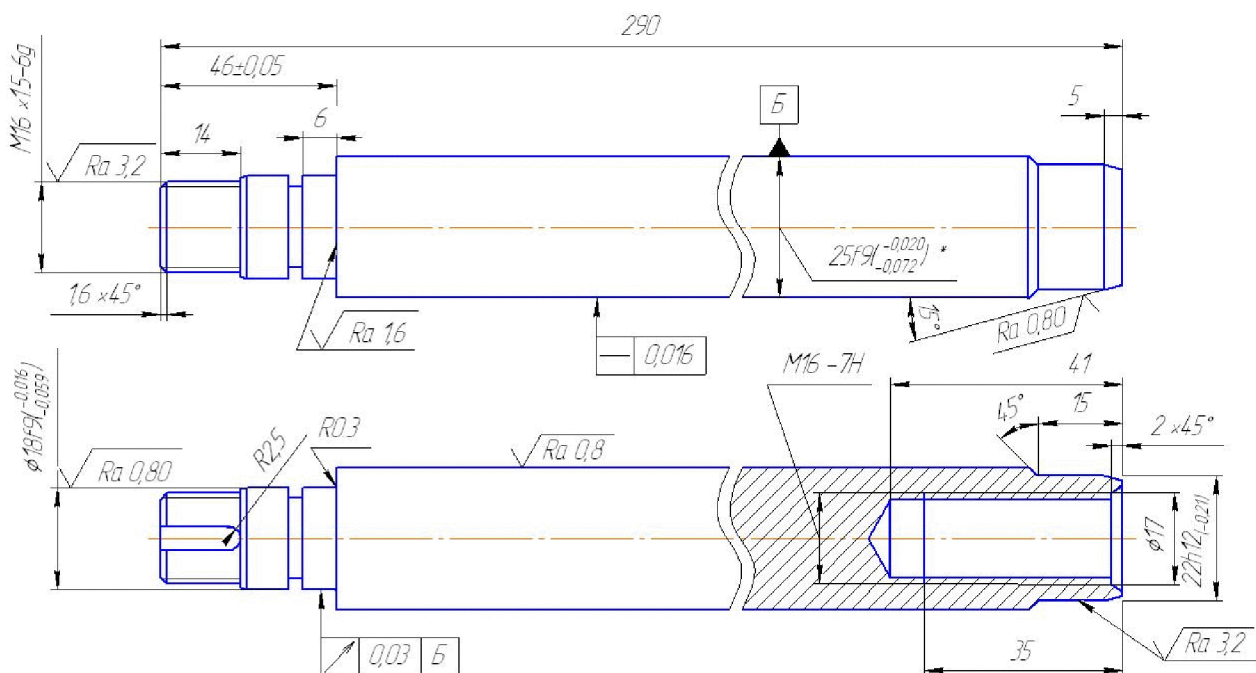


Рисунок 2.1 – Поршень 12.148

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

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

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

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

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою трьох кількісних показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.12)$$

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q_e$  – загальна кількість елементів.



Таблиця 2.1 – Коефіцієнт уніфікації

Розмір	Уніфікований	Розмір	Уніфікований
290	-	Ø22	+
M16 ( 2 пов)	+	Ø18	+
14	+	Ø17	+
6	+	Ø14,3	-
46	-	3,6	+
Ø25	+	2,5	+
35	-	Q <sub>у</sub> =11 Q <sub>е</sub> =5	
41	-		
Ø17	+		

$$K_y = 11/16 = 0,69 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1/Ш_{ср} ; \quad (2.13)$$

Таблиця 2.2- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	1 (Ø25f8)	0,8·1=0.8
1,6	3 (Ø14.3h9, Ø18f9, 31)	1,6·3=4.8
3,2	2 (Ø22h12, M16)	3.2·2=6.4
6,3	16	6,3·16=100.8
Всього:	22	112.8

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} , \quad (2.14)$$

де  $Ш_i$  – шорсткість  $i$ -ої поверхні;

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

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 112.8/22 = 5.13$$

$$K_{ш} = 1/5.13 = 0.2 < 0.32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.15)$$

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
8	1 (Ø25f8)	8·1=8
9	2 (Ø14.3h9, Ø18f9)	9·2=18
10	1 (31)	10·1=10
12	2 (Ø22, M16)	12·2=24
14	16	14·16=224
Всього	22	284

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.16)$$

де  $T_i$  – квалітет точності  $i$ -го розміру;

$n_i$  – кількість розмірів з квалітетом  $T_i$ . Дані для розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 284/22 = 12.94$$

$$K_T=1-1/12,94=0.9227$$

За даним показником деталь є також технологічною. Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

## 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

### 2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 45, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30 мм.

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

ріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним. Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки деталь містить цілий ряд отворів, які не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

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

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

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

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

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

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

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що у зазор між верхньою і нижньою частинами штампа (що є змінним) впливає надлишок ме-

талу, що утворює облой. Останній є небажаним відходом.

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

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

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

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

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

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

$$M_{п.р.} = M_{д} \cdot K_{р}, \text{ [кг]} \quad (2.17)$$

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

Таблиця 2.4 - Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані	Штамповка на КГШП (закриті штампи)					
Клас точності	Т3					
Марка матеріалу	М2					
Ступінь складності	С2					
Індекс	10					
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П					
Припуски Додаткові: На зміщення по по- верхні роз'єму штампа	0,3					
Для врахування вигнутості і ві- дхилення від площинності	0,4					
Радіуси заокруглень	2,5					
Основні припуски	Розрахункові розміри, мм					
	Ø18	Ø15	Ø22	31	15	290
	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,2
Розміри заготовки	Ø22,2	Ø26,2	Ø29,2	31,3	15,3	294,8
Допуски: розмірів	1,4 +0,9 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	1,6 +1,1 -0,5	2,2 +1,4 -0,8
По величині зміщення роз'ємну штампа	0,6					
По вигнутості від площинності і прямолінійності	0,5					
Радіусів заокруглень	0,5					
Допустима величина заусенця	5,0					

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.}=1,3 \cdot 0,95=1,23 \text{ (кг)}$$

Поршень 12.148 вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M=12,5^2 \cdot 3,14 \cdot 290 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05^3=2,05 \text{ (кг)}$$

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

$$1,23/2,05=0,6$$

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

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

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

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні. Основний припуск на механічну обробку поковок визначається в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі для кожного розрахункового розміра. Наприклад для Ø25 згідно [1] він складає 1,5 мм при вихідному індексі 10 і шорсткості 0,8 мкм (в межах до 1,25 мкм). Аналогічно визначається припуск на інші поверхні, результати занесено до таблиці 2.4.

Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4]. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (Т3) та найбільшого розміру заготовки (290 мм) в даному випадкові складає 0,4 мм відповідно.

З врахуванням прийнятих припусків при штампуванні на КГШП:

$$\varnothing 18+(1,5+0,3+0,3)\cdot 2= \varnothing 22,2 \text{ (мм)};$$

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

$$\varnothing 22+(1,5+0,3+0,3)\cdot 2= \varnothing 26,2 \text{ (мм)};$$

$$290+(1,8+0,3+0,3)\cdot 2=294,8 \text{ (мм)};$$

$$31+1,8-1,5=31,3 \text{ (мм)};$$

$$15+1,8-1,5=15,3 \text{ (мм)}.$$

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

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

Оскільки, одним із варіантів обрано заготовку із прокату, то за довідником обрано прокат із сталі 45.

Розраховуємо граничні розміри заготовки:

$$\varnothing 25 + 2\cdot 2,5 = \varnothing 30 \text{ (мм)}.$$

Найближчий більший гостований прокат 30 ГОСТ 19903-74, [4].

Лінійний розмір 290 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

$$290+2\cdot 5= 300 \text{ ( мм)}.$$

Отже, з гостованого 3000х Ø 30 мм прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату - ми одержимо 100 заготовок, оскільки дана кількість кратна програмі випуску 8400 шт, то робимо висновок, що даний



спосіб відрізання заготовок найоптимальніший. При цьому прокат обирають виготовлений за 16 квалітетом точності. Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і запобігання заклинювання пуансона при штампуванні. Вибирається в залежності від виду обладнання. При виді обладнання КГШП – зовнішні нахили  $-3 - 5^{\circ}$ . Призначаємо  $5^{\circ}$ .

Радіуси заокруглень відповідно до ГОСТ 7505-89 вибирають в залежності від маси поковки та глибини порожнини штампа. Враховуючи, що максимальний діаметр заготовки 29,2 мм, то глибина порожнини штампа 15 мм, що входить в межі до 25, а маса лежить в межах до 1 кг, відповідно мінімальні радіуси заокруглення зовнішніх поверхонь складає 2,5 мм.

### 2.3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

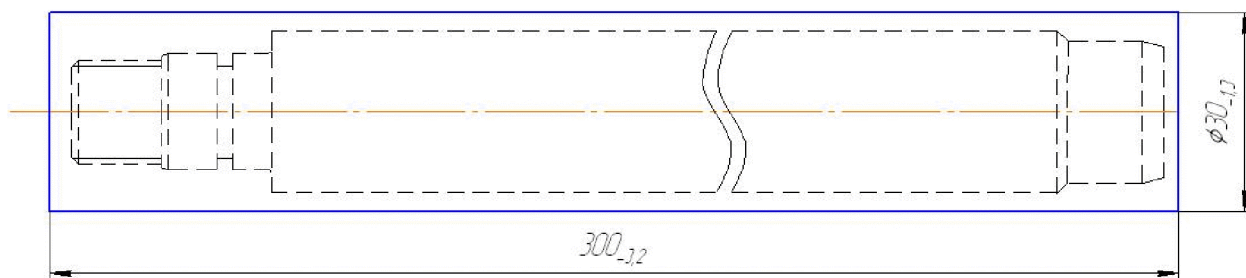


Рисунок 2.2 – Заготовка з прокату

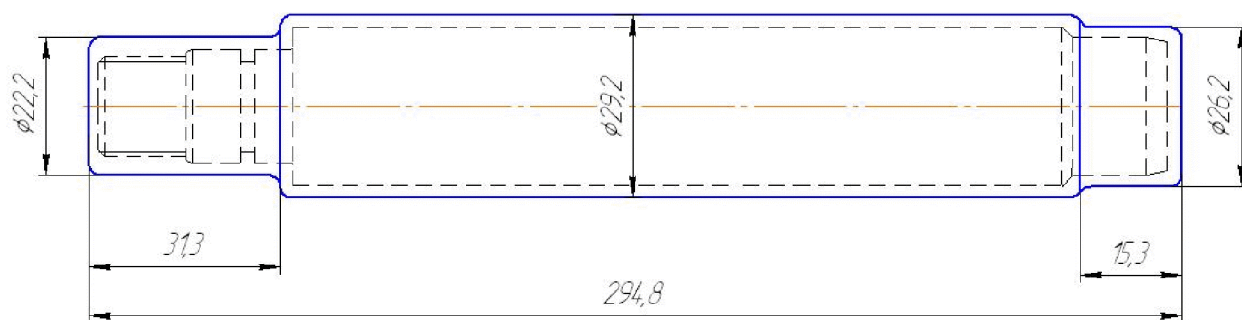


Рисунок 2.3- Заготовка отримана штампуванням на КГШП

### 2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для двох варіантів заготовки

Масу заготовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою КОМ-

ПАС-3D.

– КГШП:

МЦХ

Сталь 45 ГОСТ 1050-88  
 $\rho = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

$M = 1459.010409 \text{ г}$   
 $S = 27550.134673 \text{ мм}^2$   
 $V = 186574.221158 \text{ мм}^3$   
 $X_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Y_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Z_c = 152.149956 \text{ мм}$

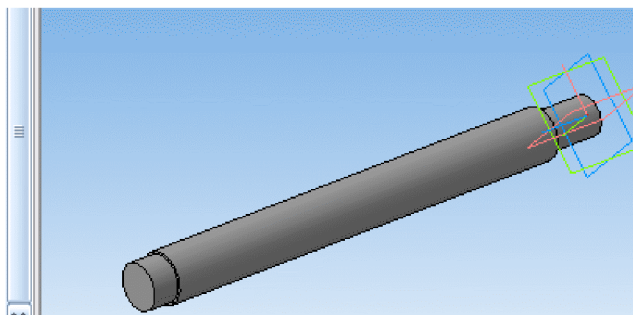


Рисунок 2.4 – Визначення маси заготовки отриманої на КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 0,95/1,46 = 0,65$$

– Прокат:

Сталь 45 ГОСТ 1050-88  
 $\rho = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

$M = 1658.289713 \text{ г}$   
 $S = 29688.051363 \text{ мм}^2$   
 $V = 212057.508051 \text{ мм}^3$   
 $X_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Y_c = 0.000000 \text{ мм}$   
 $Z_c = 150.000000 \text{ мм}$

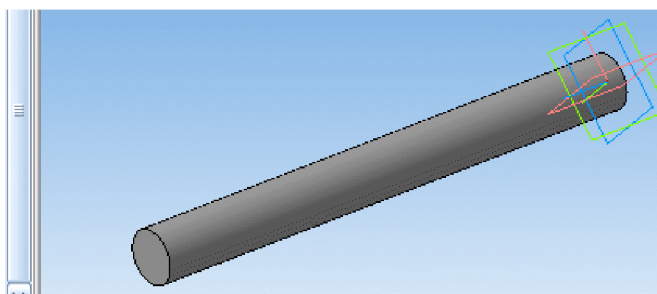


Рисунок 2.5 – Визначення маси заготовки отриманої із прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 0,95/1,66 = 0,57$$

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

### 2.3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [4]:

$$C_{заг.} = \left( \frac{G_{заг}}{1000} \cdot C_{шт} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left( \frac{G_{заг} - G_{дет}}{1000} \right) \cdot C_{відх}, \quad (2.18)$$

де

$G_{заг} = 1,79$  кг – маса заготовки;

$G_{дет} = 1,4$  кг – маса деталі;

$C_{шт} = 18730$  – базова вартість 1т штамповки;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

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

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

$C_{відх}$  – вартість 1 т. стружки, для сталі  $C_{відх} = 1520$ .

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

– Штампування на КГШП:

$$C_{заг.шт.} = \frac{1,46 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(1,46 - 0,95)}{1000} \cdot 1520 = 26,5 \text{ (грн)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{np.} = \frac{Q_{заг.}}{1000} \cdot C_M - \frac{(Q_{заг.} - Q_{дет.})}{1000} \cdot C_{відх.},$$

де  $Q_{заг.}$  – маса заготовки, кг;

$C_M$  – вартість 1т матеріалу заготовки, грн;

$Q_{дет.}$  – маса готової деталі, кг;

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

$C_M = 5000$  гр.о,  $C_{відх.} = 1520$  гр.о

$$C_{заг.шт.} = \frac{1.66 \cdot 5000}{1000} - \frac{(1.66 - 0.95)}{1000} 1520 = 7,23 \text{ (грн)}$$

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

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

$$C_{заг} = C_{заг.шт.} + \Sigma C_{обр.},$$

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

$$C_{обр} = C_{п.-з.} \cdot T_{шт-к(шт)}/K_v,$$

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

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

$K_B$  - коефіцієнт виконання норм,  $K_B \approx 1,3$ ;

$C_{п.з} = 37,9$  грн/год, тобто 0,63 грн/хв.- собівартість точіння на токарному верстаті 16К20.

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к(шт.)} = T_o \cdot \Phi_k ;$$

Де основний час при точінні:

$$T_o = 0,17 \text{ dI}$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формулю отримуваний після КГШП необхідно обточити поверхні  $\varnothing 22,2$  довжиною 31,3мм,  $\varnothing 26,2$  довжиною 15,3 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити тричі, основний час складатиме:

$$T_{o1} = 0,17 \cdot (22,2 \cdot 31,3 + 26,2 \cdot 15,3) \cdot 0,001 = 0,186 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к(шт.)1} = 0,186 \cdot 2,14 = 0,398 \text{ (хв.)};$$

$$C_{обр} = 7,69 \cdot 0,398 / 1,3 = 2,35 \text{ (грн.)};$$

$$C_{заг} = 7,23 + 2,35 = 9,58 \text{ (грн.)}$$

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

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

Дану деталь можна о вінести до типу валів. Оскільки вона має значну довжину з невеликими перепадами зовнішніх діаметрів. В машинобудуванні ши-

роко поширені деталі типу вал – ступінчасті з різними перепадами діаметрів. В наш час розроблені типові технологічні процеси механічної обробки валів на основі різновидності їх в різних типах виробництва.

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних. Токарно – копіювальних верстатах, горизонтальних багатоінструментальних верстатах, на вертикальних одношпindelних і багатошпindelних автоматах, а також на токарних верстатах з ЧПК.

В серійному виробництві широке поширені багаторізцеві і токарно-копіювальні верстати, напівавтомати і автомати. Однопрохідна копіювальна і однопрохідна багаторізцева обробка жорстких валів забезпечують точність по 9-11 квалітетам. Багаторізцева обробка може бути ефективніша копіювальної для валів, що мають велику довжину і діаметр і великі перепади діаметрів, так як в повздовжньому супорті можна встановити більшу кількість різців. Однак велике збільшення сил різання може привести до деформації оброблюємого валу.

Схема технологічних процесів виготовлення деталей типу вал наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – технологічна схема виготовлення деталей класу вал

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання торцевих поверхонь ступеней валу. Технологічна база – центрові отвори вал	Токарний багатошпindelний чи багатоінструментальний напівавтомат



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

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

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

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_{\text{д}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_{\text{д}}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.19)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_{\text{д}}$  – 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]. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору  $\varnothing 25f8$ , враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорнового точіння) складає 0,62



мм:

$$\varepsilon=0,62/0,02=31$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5$$

$$\varepsilon_2=4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

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

Тобто:

$$\varepsilon_3=31/5\cdot4=1.55$$

Допуск складатиме:

$$T_1=0,62/5=0,129 \text{ (мм)}$$

$$T_2=0,129/4=0,031 \text{ (мм)}$$

$$T_3=0,031/1,55=0,02 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (12 квалітет точності); точіння попереднє (9 квалітет точності); точіння 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.

Таблиця 2.6– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна ЧПК	М16	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø18	відсутня	Діаметральний розмір
	31; 3,6; 6; 14	відсутня	Обробка з одного установова

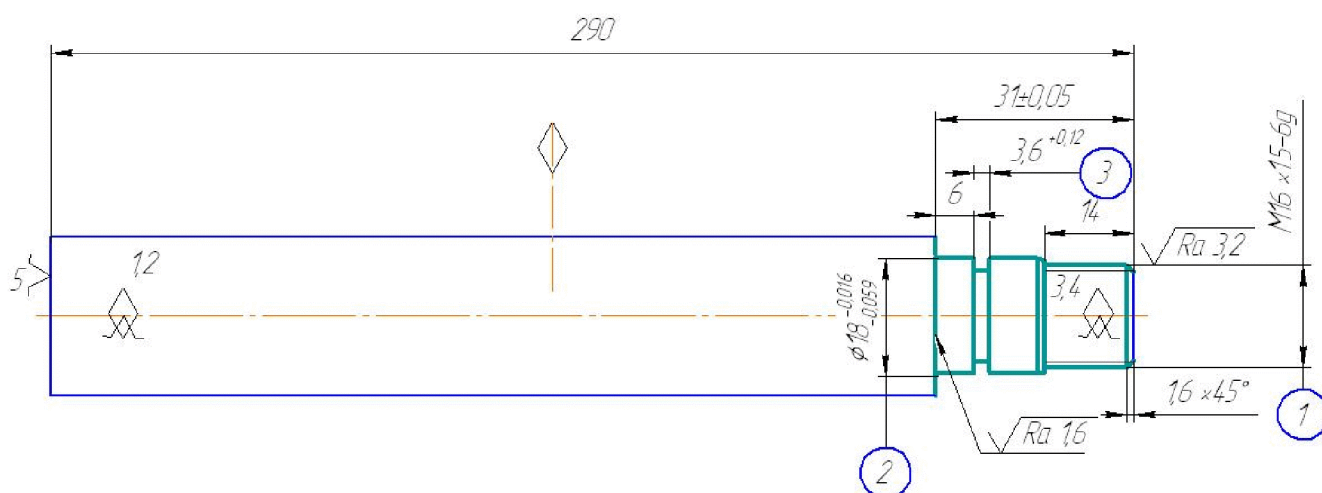


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна ЧПК	Ø42, Ø 22, Ø25,9	відсутня	Діаметральний розмір
	15, 5	відсутня	Обробка з одного установова

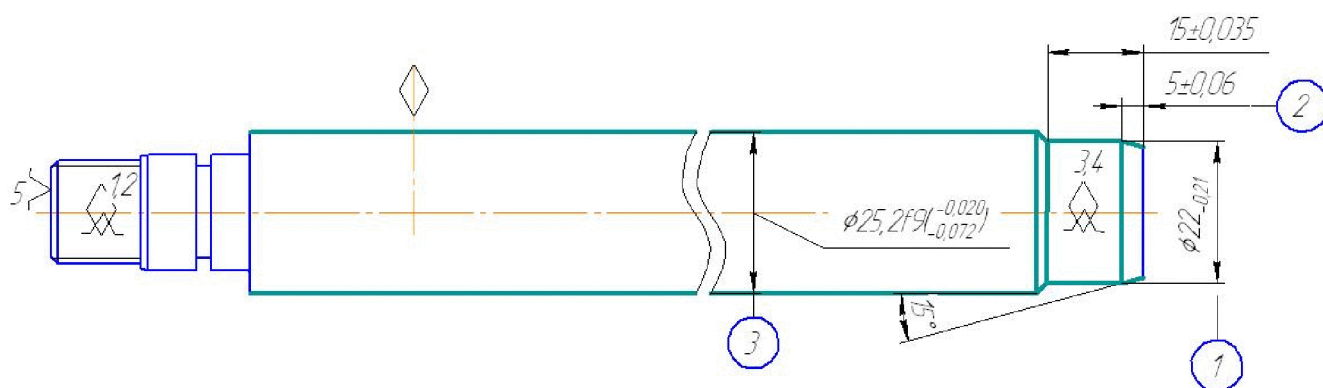


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 015 (чистові технологічні бази)

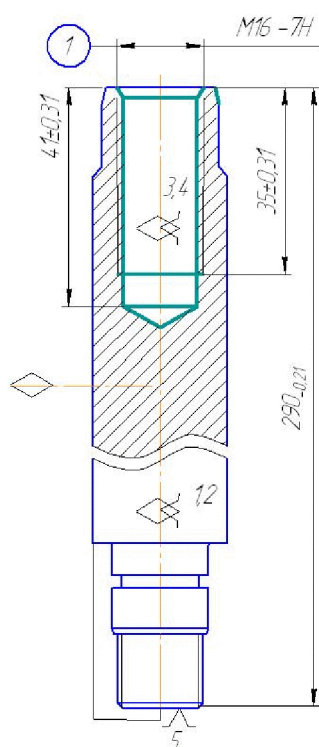


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 020 (чистові технологічні бази)

На операції 020 свердлиться отвір, при цьому похибка базування на діаметральні розміри рівна 0, а на глибину рівна допускові розміру 290, тобто 0,21, але це не перевищує допуски на глибини отворів (0,24 мм).

На операції 025 фрезерується паз, при цьому похибка базування на 5 відсутня, оскільки обробка виконується з одного установа.

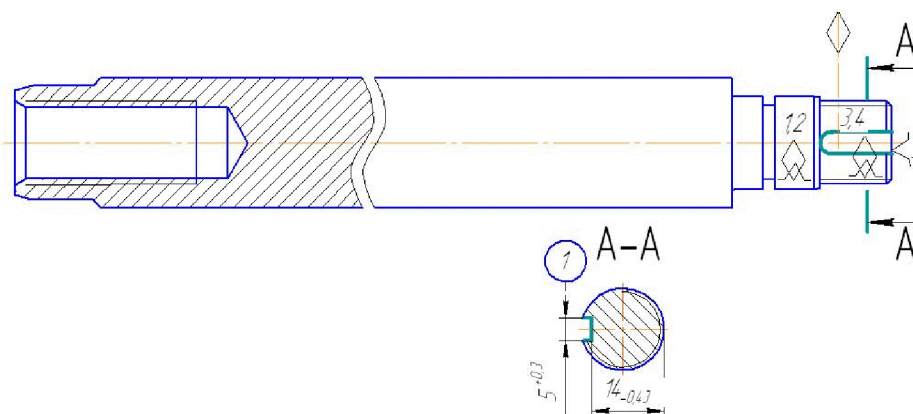


Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 025 (чистові технологічні бази)

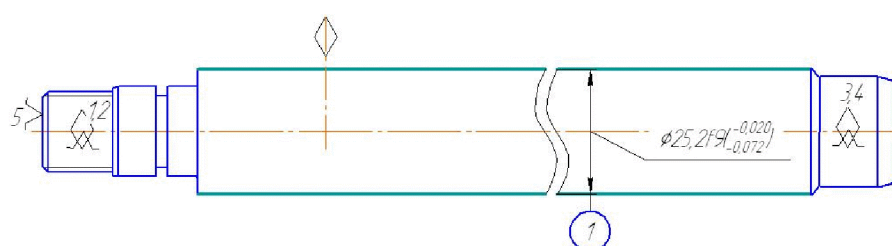


Рисунок 2.10 – Схема базування на операції 030 (чистові технологічні бази)

На операції 030 виконується шліфування циліндричних поверхонь, і похибка базування відповідно відсутня (отримуються тільки діаметральні розміри). А допуски на співвісність витримуються завдяки обробці з одного установу.

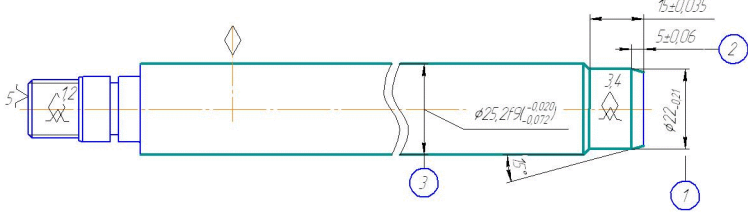
В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в трикулачковому патроні. Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із торців і циліндричної поверхні, які використовуються в якості технологічних баз.

2.7 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 розмі-



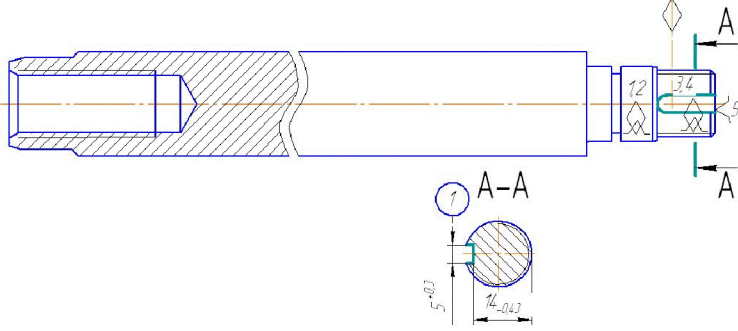
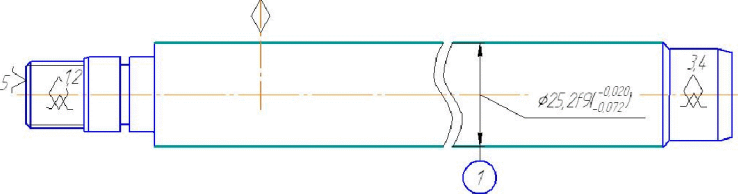
Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
	<p>3 Точити поверхні 1 та 2 попередньо в розміри 18,1(-0,24) та 16,2(-0,24)</p> <p>4 Точити канавку 3 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>5 Точити остаточно поверхні 1 та 3 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>6 Нарізати різь на поверхні 1 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>7 Зняти заготовку</p>		
015	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Точити поверхню 1 та 3 попередньо торець 1 та поверхні 3,5,7</p>		Токарний з ЧПК 16K20T1

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
	<p>попередньо в розміри 22,2(-0,36), 25,6 (-0,36) відповідно</p> <p>3 Точити фаску 2, поверхню 1 остаточно витримуючи розміри вказані на ескізі та поверхні 3 попередньо</p> <p>4 Точити поверхню 3 остаточно</p> <p>5 Зняти заготовку</p>		
020	<p><u>Вертикально-свердлильна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Центрувати отвір 1</p> <p>3 Свердлити отвір 1 в розмір 14 (+0,22)</p> <p>4 Зенкерувати фаску в отворі 1</p> <p>5 Нарізати різь в отворі 1 в розмір згідно ескізу</p> <p>6 Зняти заготовку</p>		Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2

## Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
025	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати паз</p> <p>1</p> <p>3 Зняти заготовку</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
030	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обкотити поверхню 1 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>3 Зняти деталь</p>		Токарний високої точності МК6801Ф3

## 2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

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.

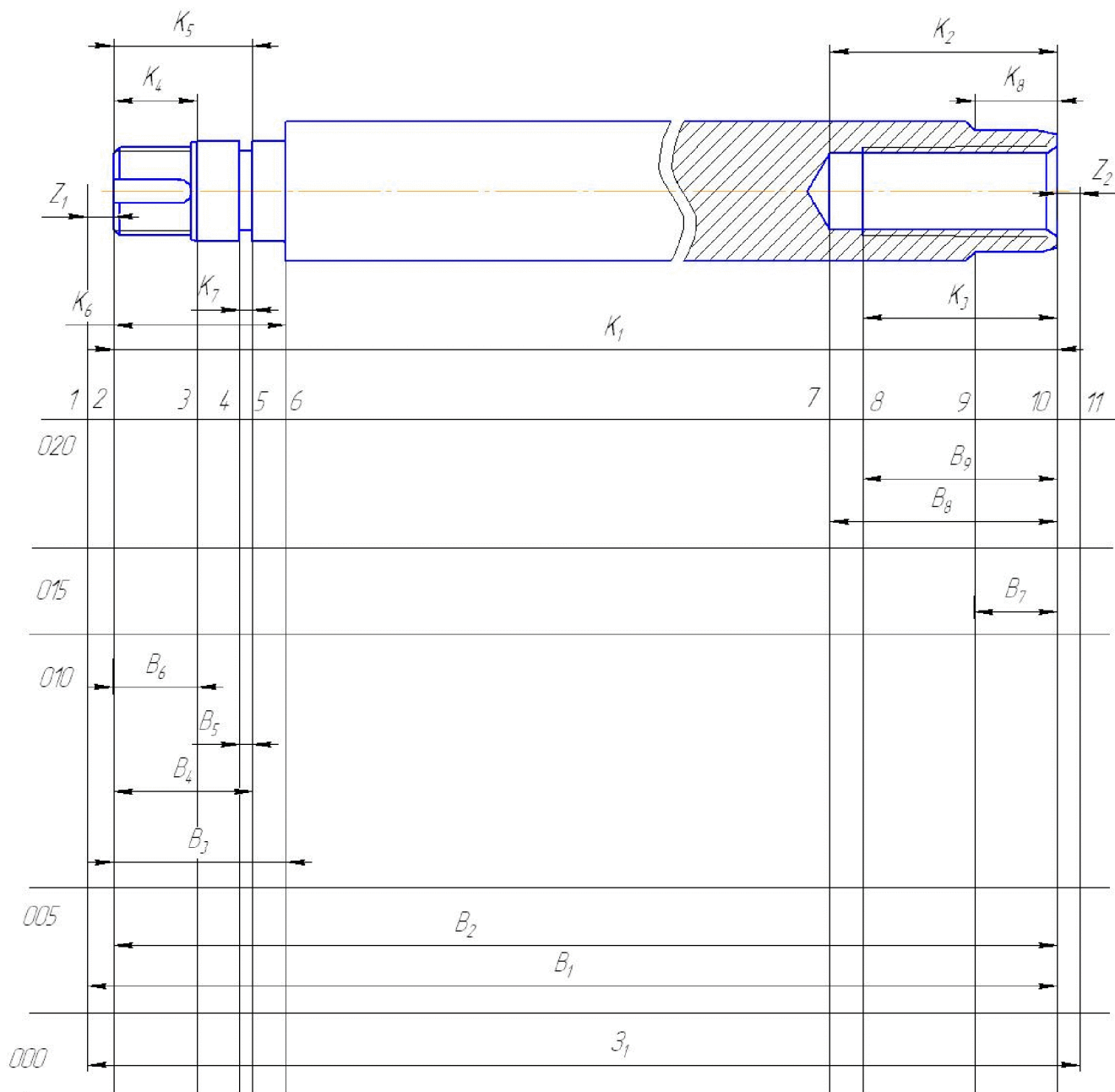


Таблиця 2.9 – Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	B1	31
Попередні значення допусків	0,52	1,3

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

## 4.5.3 Розмірна схема технологічного процесу



Рисунки 2.11 – Розмірна схема першого технологічного процесу

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

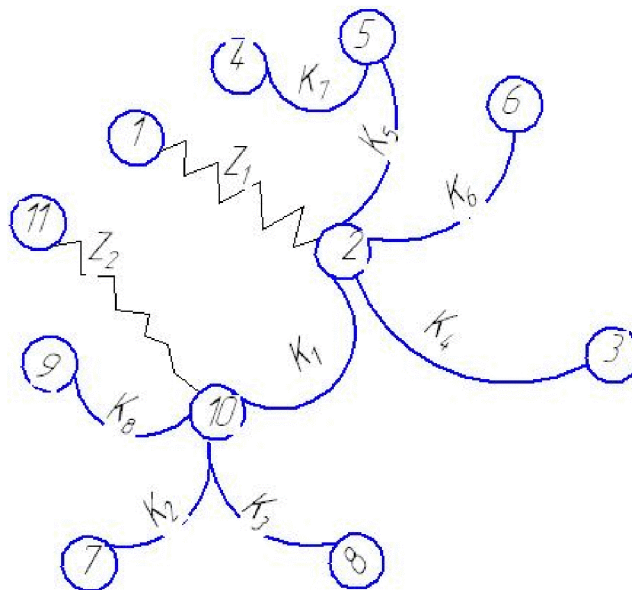


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

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

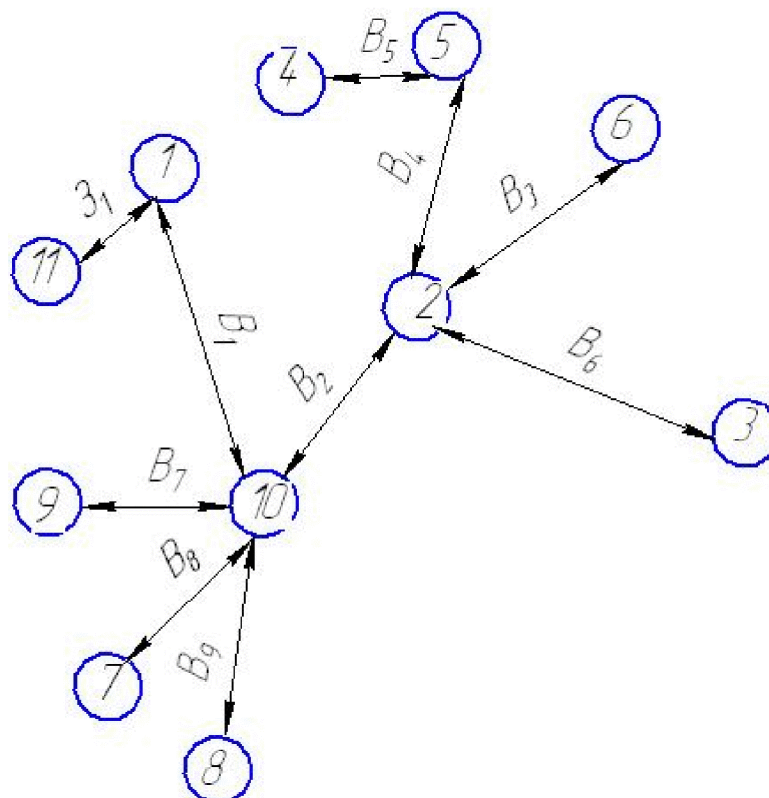


Рисунок 2.13 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

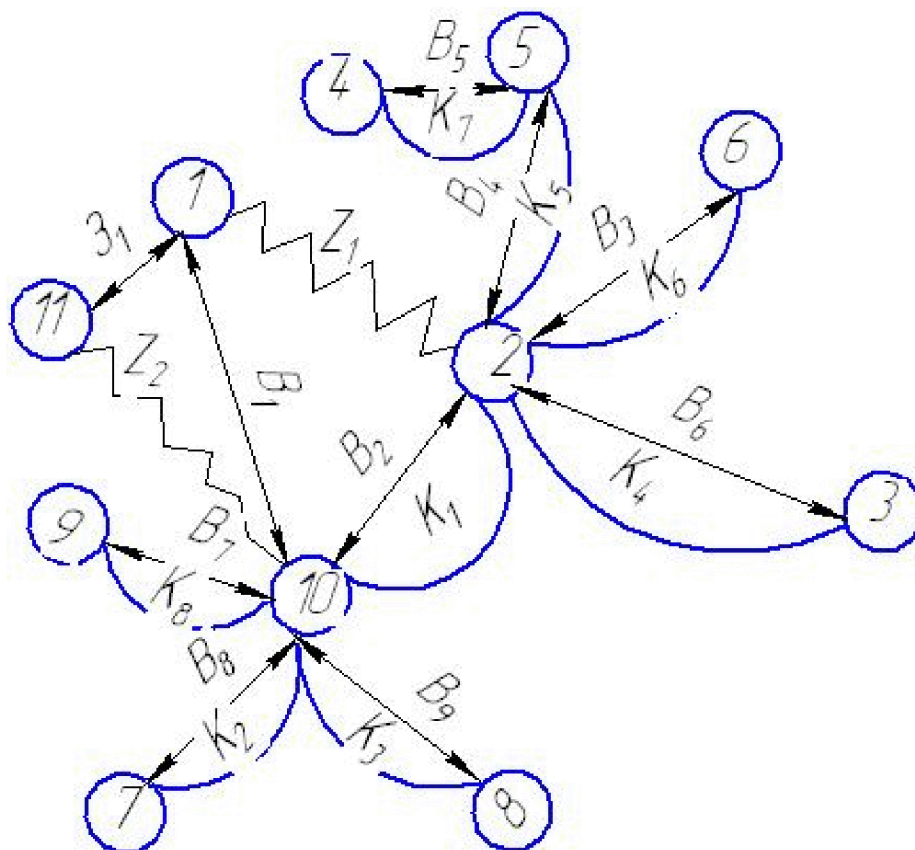


Рисунок 2.14 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$
$Z_{\min}$	0,8	0,8

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 2.11

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

1.  $B_5 = K_7 = 3,68(+0,12)$ ;

2.  $B_4 = K_5 = 25(\pm 0,1)$ ;

Таблиця 2.11 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_5 - K_7 = 0$	$B_5 = K_7$	$B_5$
2	$B_4 - K_5 = 0$	$B_4 = K_5$	$B_4$
3	$B_3 - K_6 = 0$	$B_3 = K_6$	$B_3$
4	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	$B_6$
5	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	$B_2$
6	$B_9 - K_3 = 0$	$B_9 = K_3$	$B_9$
7	$B_8 - K_2 = 0$	$B_8 = K_2$	$B_8$
8	$B_7 - K_8 = 0$	$B_7 = K_8$	$B_7$
9	$K_1 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_1$	$B_1$
10	$B_1 + Z_2 - Z_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	$Z_1$

Аналогічно знаходяться всі технологічні розміри, які рівні конструкторським.

$$3. Z_{1 \min} = B_{1 \min} - K_{1 \max};$$

$$B_{1 \min} = 290 + 0,8 = 290,8 = 191,5 \text{ (мм)}$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 290,8 + 0,52 = 291,32 \text{ (мм)}$$

$$B_1 = 291,32_{-0,52} \text{ мм}$$

$$Z_{1 \max} = B_{1 \max} - K_{1 \min} = 291,32 - 289,79 = 1,53 \text{ (мм)}$$

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

$$Z_{1 \min} = 0,8 + 291,32 = 292,12 \text{ (мм)}$$

$$Z_{1 \max} = 292,12 + 1,3 = 293,42 \text{ (мм)}$$

$$Z_1 = 293,42_{-1,3}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{1 \max} - B_{1 \min} = 293,42 - 290,8 = 2,62 \text{ (мм)}$$

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та

розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

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

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

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

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

$$2Z_{i\min}=2(R_{z_{i-1}}+T_{i-1}+\rho_{i-1}) \quad (2.20)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

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

попереднє точіння:

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

остаточне точіння:

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

шліфування:

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

Розрахункові розміри

При тонкому точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=25,002\text{мм}$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1 = 25,002 + 2 \cdot 0,045 = 25,092 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_2 = 25,093 + 2 \cdot 0,05449 = 25,2 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_3 = 25,2 + 2 \cdot 0,2122 = 25,625 \text{ (мм)}$$

для заготовки

$$d_3 = 25,625 + 2 \cdot 2,37 = 30,36 \text{ (мм)}$$

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

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

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

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

Тобто:

$$30,4 + 1,4 = 31,8 \text{ (мм)}$$

$$25,63 + 0,35 = 25,98 \text{ (мм)}$$

$$25,2+0,087=25,287 \text{ (мм)}$$

$$25,093+0,035=250,127 \text{ (мм)}$$

$$25,002+0,022=25,024 \text{ (мм)}$$

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

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\min 4}=30,4-25,63=4,77 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4}=31,8-25,98=5,82 \text{ (мм)}$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3}=25,63-25,2=0,43 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3}=25,98-25,287=0,693 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2}=25,2-25,092=0,108 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=25,287-25,127=0,16 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1}=25,092-25,002=0,09 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 1}=25,127-25,024=0,103 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 5.1

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

Таблиця 2.12 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø25	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий розмір $d_p$	Допуск мкм $\delta$	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	$R_z$	T	$\rho$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	200	300	0		30,365	1,4	30,4	31,8		
Точіння попереднє	50	50	0	2·2370	25,625	0,35	25,63	25,98	5,82	4,77
Точіння попереднє	30	20	0	2·212,2	25,200	0,087	25,2	25,287	0,693	0,43
Точіння остаточне	25	20	-	2·54,49	25,092	0,035	25,092	25,127	0,16	0,108
Тонке точіння	10	15	-	2·45	25,002	0,016	25,002	25,018	0,109	0,09
Ітого									6,782	5,398



Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

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

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

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

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

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

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

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

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

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри необхідні для конструювання штампів, спеціального різального та вимірювального інструменту, а також для налаштування металорізальних верстатів та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків можна обґрунтовано визначити масу початкових заготовок, режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічної обробки.

В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. В попередньому розділі використано розрахунково-аналітичний метод, що базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

Згідно з дослідно- статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно- статичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно- статичний метод простий, однак змушує

технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умови виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 2.13

Таблиця 2.13- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø18f9	Попереднє точіння	0,5	18.6
	Попереднє точіння	0,3	18
Ø22h12	Попереднє точіння	0,5	22.6
	Попереднє точіння	0,3	22

2.10 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

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

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

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

подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Розрахунок режимів різання проводимо за рекомендацією [8].

Для операції 005.

1. Розраховуємо довжину робочого ходу супорта:

$$L = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}}, \quad (2.21)$$

$L_{\text{доп}}$  - додаткова довжина наладки,

$y$  - підвід, врізання, перебіг інструменту.

За додатком [8]:  $y=2$  мм.

Відповідно отримаємо:

$$L = 120 + 2 + 3 = 125 \text{ (мм)}$$

Визначені подач супортів за нормативами [8]: для приймаємо 0,57 мм/об.

Визначення стійкості інструментів:  $T_m = 150$  хв.

Розрахунок швидкостей різання в мм/хв і числа обертів шпінделя верстатів в хв.  $V_{\text{різ}} = 113$  м/хв.

Уточнюємо швидкість різання за допомогою коефіцієнтів, що враховують геометрію інструмента, вид оброблюваного матеріалу та інші параметри:

$$V_{\text{різ}} = 113 \cdot 1,28 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 165$$

б) розраховуємо число обертів шпінделя за формулою:

$$n = 1000V/\Pi d, \quad (2.22)$$

$$n = 165 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 40 = 691 \text{ (об/хв)};$$

Оскільки даний верстат має безступінчасту коробку, то непотрібно приймати стандартне значення, верстата забезпечить розраховану величину. Аналогічно розраховуємо режими різання для всіх інших операцій, дані отримані в результаті розрахунків заносимо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 - Розрахунок режимів різання

Операції	№ пере-ход	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання
1	2	3	4	5
005	2	0,7	81,76	463
	3	0,6	76	496
010	2	0,7	81,76	463
	3	0,6	76	496
	4	0,57	165	691
015	2	0,57	165	691
	3	0,44	226	654
	4	0,2	236	1333
020	2	0,32	21	334
025	2	0,23	16	500
030	2	0,2	21	334

Отже за допомогою довідників визначено режими різання для всіх операцій.

Для їх точного розрахунку необхідно користуватися формулами і вести довгі і трудомісткі розрахунки, для того щоб уникнути цього режими вибрано за довідником, а щоб вони були оптимальні проведемо оптимізацію режимів різання.

### 2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 020.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) \text{ [хв]} \quad (2.23)$$

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

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мд} \text{ [хв]} \quad (2.24)$$

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

При свердлінні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_o = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_m \text{ , [хв]} \quad (2.25)$$

де  $l_0$ - довжина оброблюваної поверхні;  $l_1$ - довжина підводу;  $l_2$  – довжина врізання;  $l_3$  – довжина перебігу;  $S_m$  – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів Ø20 наведено в таблиці 4.12.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента

від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів– 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}}=(2 \cdot 100+84)/6000=0,05 \text{ (хв.)};$$

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

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 020 складатиме:

$$T_{\text{ц.а}}=0,016+0,016=0,032 \text{ (хв.)}.$$

Допоміжний час  $T_{\text{в}}$  складається із:

$$T_{\text{в}}=T_{\text{вуст}}+T_{\text{воп}}+T_{\text{ввим}}, [\text{хв}] \quad (2.26)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11хв;

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

- встановлення взаємного розташування деталі і інструмента– 0,2 хв;

- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,2+0,12=0,32 \text{ (хв.)};$$

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

В сумі час затрачений на вимірювальні операції та допоміжний час складає:

$$T_{\text{ввим}}=0,09 \cdot 2+0,07 \cdot 4=0,46 \text{ (хв.)}$$

$$T_{\text{в}}=0,11+0,32+0,46=0,89 \text{ (хв.)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.27)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{ш}} = (1,84 + 0,89) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 2,58 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час $t_o$ , хв	Коефіцієнт $\varphi_k$	Штучний час $t_{\text{шт}}$ , хв
005	0,34	1,35	0,46
010	0,40	1,4	0,56
015	4,75	1,4	6,66
020	0,66	1,35	0,89
025	0,06	1,35	0,08
030	1,10	1,4	1,54

## 2.12 Проектування дільниці механічної обробки

### 2.12.1 Розрахунок приведеної програми

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

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.28)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (2.29)$$

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

Для деталі Поршень 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{0.8}{0.95}} = 0.89$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (2.30)$$

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

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{8400}{2800}\right)^{0.15} = 1.179$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{\text{т.пр.}}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{\text{а.пр.}}}\right)^{\alpha_2} \quad (2.31)$$



$K_{Ti}$ ,  $K_{Tпр}$ - середнє значення точності деталі і представника;

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

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{13,2}{12,94}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{6,8}{5,13}\right)^{\alpha_2} = 0,94$$

Таблиця 2.16 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	К·N
			масі	точності	серійності		
Поршень 12.148	0.95	8400	1	1	1	1	8400
Поршень 1	0.8	2800	0.89	0,94	1.179	0.988	2768
Поршень 2	0.65	3400	0.776	0.9	1.145	0.8	2721
Поршень 3	0.85	2600	0.928	0.88	1.192	0.974	2533
Всього							16422

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,94 \cdot 0,89 \cdot 1,179 = 0,988$$

Отримані результати занесено до таблиці

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

## 2.12.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (2.32)$$

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

Відповідно для кожної операції отримаємо:

Операції 005:

$$C_p = 0,46 \cdot 16422 / 60 \cdot 2040 = 0,06 \quad (C_{\text{пр}} = 1)$$

Операції 010-015:

$$C_p = (0,56 + 6,66) \cdot 16422 / 60 \cdot 2040 = 0,968 \quad (C_{\text{пр}} = 1)$$

Операція 020:

$$C_p = 0,89 \cdot 16422 / 60 \cdot 2040 = 0,119 \quad (C_{\text{пр}} = 1).$$

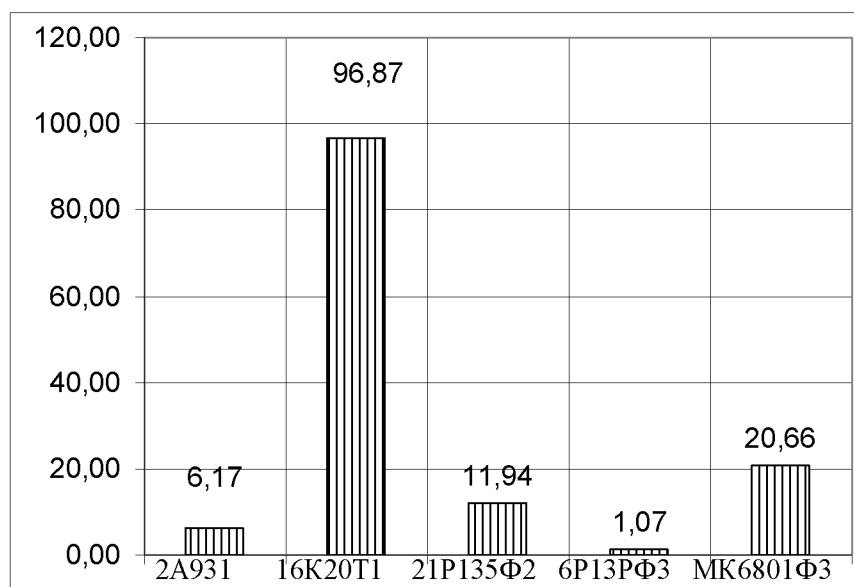


Рисунок 2.15 – Графік завантаження обладнання

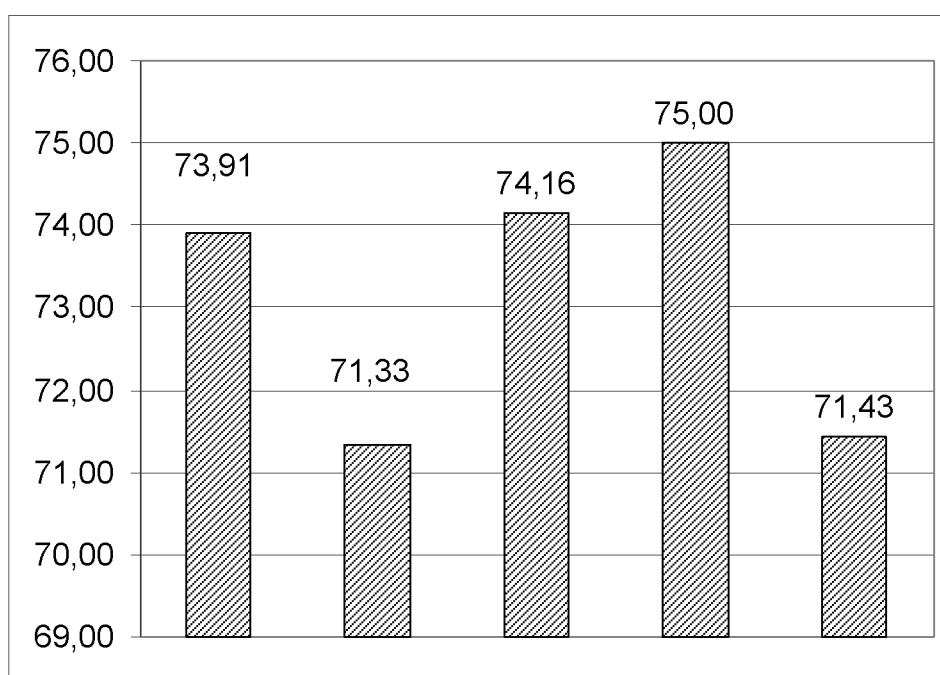


Рисунок 2.16 – Графік використання обладнання за основним часом

Операція 025:

$$C_p = 0,08 \cdot 16422 / 60 \cdot 2040 = 0,01 \quad (C_{np} = 1).$$

Операція 030:

$$C_p = 1,54 \cdot 16422 / 60 \cdot 2040 = 0,206 \quad (C_{np} = 1).$$

Отримані результати занесемо до таблиці 2.17.

Коефіцієнт завантаження для верстатів 16K20T1 складатиме:

$$\eta_3=0,968/1=0,968$$

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

Таблиця 2.17 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	0.06	1	0.06	27.34	0.7391
010-015	0.968	1	0.968		0.7133
020	0.119	1	0.119		0.7416
025	0.01	1	0.01		0.75
030	0.206	1	0.206		0.7143

### 2.12.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

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

$$P=C_{пр} \cdot \Phi_d \cdot K_3 / \Phi_v \cdot K_m \quad (2.33)$$

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

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

$K_m$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на токарному верстаті з ЧПК верстаті необхідно:

$$P=1 \cdot 2040 \cdot 0,968 / 1 \cdot 1840 = 0,958$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

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

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -5 чол.

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

$$P_{др}=(0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,0 \dots 1,25$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

$$P_{ІТР}=(0,15 \dots 0,21) \cdot 5 = 0,9 \dots 1,2$$

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:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 5 = 0,011$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 2.18 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{дв}$ год	$K_з$	$K_м$	$P,$ чол	$P_{пр},$ чол
Фрезерно-центрувальний	1	1840	0.06	1	0,07	1
Токарний з ЧПК	1		0.968	1	0,958	1
Свердлильний з ЧПК	1		0.119	1	0,22	1
Фрезерний з ЧПК	1		0.01	1	0,019	1
Токарний з ЧПК з підвищеними вимогами точності	1		0.206	1	0,38	1

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

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (5+1+1+1)=0,16$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 5 металорізальних верстатів, які обслуговуються 5 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

Таблиця 2.19 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість

Основні робітники-верстатники			5
Допоміжні робітники	20...25%	1,0-1,25	1
ІТР	15...21%	0,9-1,2	1
СКП	2,2%	0,11	1
МОП	2%	0,16	1

### Висновок

Розроблено маршрут механічної обробки для деталі Поршень12.148, в якому використовується обладнання із ЧПК. Для визначення технологічних розмірів виконано розмірний аналіз. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно. Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 5. На ділянці має працювати 5 робітників. Верстати здебільшого завантажені, але деякі з них можуть довантажуватися іншими подібними деталями із сусідніх ділянок

### 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

В магістерській роботі розробляються і досліджуються методи поверхневої пластичної деформації, які дозволяють отримати точні деталі та із зміцненим поверхневим шаром. При цьому враховується матеріал деталі, її форма та середовище в якому вона працює. Деталь «Поршень» слугує для встановлення колеса в складальній одиниці, а саме підвісці автомобілів ВАЗ. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – отвір, що має складну поверхню, яка має високі вимоги точності обробки, та до якої мають бути застосовані методи поверхневої пластичної деформації.

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

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
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку



Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
7	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 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
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати нижчі, як в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти 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. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промислому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
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
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

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Савуляк В.В.	Сухоруков С.І.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	3
2	2	2	2
3	2	2	2
4	4	3	4
5	4	4	4
6	2	2	2
7	3	2	2
8	3	3	3
9	1	1	1
10	3	4	3
11	4	4	4
12	2	2	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =32	СБ <sub>2</sub> =31	СБ <sub>3</sub> =32
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	• $= (32+31+32)/3=32$		

Таблиця 3.3 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

### 3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Поршень», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту шасі легкових 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 автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 50 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 50 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту  $P_{\pi}=70\%$ ;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно  $C_{\pi}=80\%$ .

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$\begin{aligned} \Pi_i &= \Pi \cdot \Pi_{\text{н}} / 100 [\text{шт}] & (3.1) \\ \Pi_i &= 50\,000 \cdot 70 / 100 = 35\,000 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ОП} &= \Pi_i / T [\text{шт}] & (3.2) \\ \text{ОП} &= 35\,000 / 4 = 8750 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \text{ОП} \cdot C_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] & (3.3) \\ \text{ПП} &= 8750 \cdot 0,8 = 7\,000 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{РП} &= (\text{ОП} + \text{ПП}) / 2 [\text{шт}] & (3.4) \\ \text{РП} &= (8750 + 7\,000) / 2 = 7875 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки в нашій країні досить багато легкових автомобілів ВАЗ, які і надалі будуть ремонтуватися їхніми власниками. 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 використовуються фланці, які не піддаються поверхневому зміцненню. Подібні деталі або закаляються в цілому, що призводить до їх значного здорожчання, або взагалі не піддаються зміцнюючій обробці, що призводить до малого ресурсу служби. За аналог приймаємо деталі, які закаляються, оскільки продажі таких деталей на ринку значно вищий ніж незміцнених.

Таблиця 3.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог фланець, виготовлений загартуванням	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нової деталі і параметрів аналога
Маса фланця	кг	3,94	3,94	1
Габарити фланця	мм	Ø100x 150	Ø100x 150	1
Наявність зміцненого поверхневого шару	-	наявне	наявне	1
Зміцнення всієї деталі	-	наявне	відсутнє	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

Аналізуючи таблицю 3.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона дозволить автомобілям працювати довше без поламок і відповідно простоїв.

### 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.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

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.

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

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

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

$\alpha_i$

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,3 = 8,7$$

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:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad \text{або} \quad q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

$P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  - 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	21 год	16,47год	1,27	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1=260/220=1.18$$

$$q_2=7/6=1.17$$

$$q_3=21/16,47=1,27$$

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



Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{яв}} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,27 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1.441$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 44,1%.

### 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:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}$$

$P_{bei}$   $P_{nei}$  - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = 3600/6900 = 0,521$$

$$K = 1,441/0,521 = 2,76$$

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

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

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

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

Величини окладів знаходиться в межах (3700...7000) грн. за місяць;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; прийmemo  $T_p = 20$  днів;

$t$  – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн. ]},$$

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

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

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

Таблиця 3.7 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	5400	250	17	4186,3
Інженер-технолог	4400	200	10	2000
Інженер-конструктор	4400	200	10	2000
Начальник цеху	5000	180	14	3181,8
Менеджер	5100	230	7	1622,7
			Всього	12990,8

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i [\text{грн.}],$$

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

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

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{год}} \right],$$

де  $M_n$  – мінімальна заробітна плата ( $M_n=4173$  грн);

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$K_c$  – коефіцієнт співвідношення, який установлений генеральною угодою між урядом України та профспілками,  $K_c = 1,25$ ;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

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

$$C_4 = 3723 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 43,47 \text{ (грн./год.)}$$

Таблиця 3.8 Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Багатоцільова з ЧПК	0,68	4	43,47	29,56
Багатоцільова з ЧПК	0,12	4	43,47	5,22
Протягувальна	0,23	4	43,47	10,0
Всього				44,77

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

$$Z_p = 44,77 \cdot 7875 = 352596 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o .$$

Для нашого випадку:

$$З_d = 0,12 \cdot (12990,8 + 352596) = 43870 \text{ (грн.)}$$

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

$$(12990,8 + 353596 + 43870) \cdot 0,22 = 90300,5 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

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

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

Для багатоцільового верстата складає 0,68 год для однієї деталі, відповідно ( з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,68 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 22,31 \text{ місяців}$$

Для вертикально свердлильного верстата аналогічно:

$$0,12 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 3,94 \text{ місяця}$$

Таблиця 3.9 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Токарний з ЧПК	450 000	12	22,31	69718,75
Фрезерний з ЧП	220 000	12	3,94	6019,44
Свердлильний ЧПК з	310 000	12	7,21	15521,53
Всього			91259,72	

Для токарного з ЧПК аналогічно:

$$0,22 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 7,21 \text{ місяця}$$

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

Витрати на комплектуючі та інструменти, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються згідно їх номенклатурою.

$$I = \sum_{j=1}^n N_i \cdot c_i \cdot k_i \text{ [грн.]},$$

де  $n$  – кількість видів інструменту, оснащення;

$N_i$  – кількість інструменту, оснащення  $i$ -го найменування, шт;

$c_i$  – покупна ціна інструменту, оснащення  $i$ -го виду, грн;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат  $K_i = 1,1 \dots 1,5$ .

$$I = 38 \cdot 35 \cdot 1,1 + 15 \cdot 25 \cdot 1,1 + 56 \cdot 32 \cdot 1,1 + 40 \cdot 20 \cdot 1,1 + \\ + 15 \cdot 60 \cdot 1,1 = 5716,7 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 3.10 – Витрати на інструменти

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна, грн.	Вартість, грн.	Прим.
Різець розточний	38	35	1330	
Різець підрізний	15	25	375	
Різець прохідний	56	32	1792	
Свердла	20	40	800	
Всього			5716,7	

Витрати на матеріали (М), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалу за формулою.

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{вj} [\text{грн.}],$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, 0,8 кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, 20 грн./кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат;

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{вj}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, 10 грн./кг.

$$M = 0,8 \cdot 20 \cdot 1,1 - (1,1 - 0,8) \cdot 10 = 14,6 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$14,6 \cdot 7875 = 114975 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (3.10)$$

де:  $B$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2018 року  $B = 1,83$  грн./кВт.

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

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

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності.  $K_{\Pi} < 1$ , приймаємо 0,8.

А для всієї партії:

$$18,7 \cdot 7875 = 142498,44 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{ін}} = (1 \dots 3) (Z_o + Z_p) \quad (3.11)$$

Таблиця 3.11 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Багатоцільовий верстат	12	0,68	11,95
Багатоцільовий верстат	12	0,12	2,11
Протяжний	12	0,23	4,04
Всього			18,1

А для всієї партії:

$$18,7 \cdot 7875 = 142498,44 \text{ (грн.)}$$



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

$$V_{\text{ін}}=(1...3) (3_o+3_p) \quad (3.11)$$

$$V_{\text{ін}}=2 \cdot (12990,8+352596)=731173,6 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B=12990,8+352596+43870+90300,5+91259,72+5716,7+114975+142498,44+731173,6=1585381,44 \text{ (грн.)}$$

### 3.10 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за  $B_{\text{заг}}$  формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.12)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}}=1585381/0,95=1668822 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ=B_{\text{заг}}/ \beta \quad (3.13)$$

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:

$$ЗВ=1668822/0,9=1854247 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання кришки шатуна з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 1854 тис грн.

### 3.11 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 складає щороку приблизно 7875 шт. Середня ціна подібних деталей 6900грн. Оскільки розроблений нами спосіб зміцнення поверхонь деталі дозволяє отримати значно вищу твердість поверхневого шару та чистоту поверхні, але процес виготовлення деталі дешевший, що дозволяє реалізовувати наші деталі приблизно на (20...40%) дешевше, тобто в середньому за 3600 грн., або на 3300 грн. дешевше. 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 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го, 2022-го та 2023-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 3000 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 2675 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 1200 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 1 000 шт.

У 2024 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100) \quad (3.14)$$

де  $\Delta\Pi_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що  $\Delta\Pi_0 = 3300$  грн;

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

$\Delta N$  – 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.;  $\Pi_0 = 6900$  грн;

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

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2018 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

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

$\nu$  – ставка податку на прибуток. У 2018 році  $\nu = 18\%$ .

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Delta \Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2019 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (3000 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2432,497 \text{ ( тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (2675 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2171,652 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (1200 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 974,199 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (1000 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 811,832 \text{ (тис грн.)}$$

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

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в нашу розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів роботи, розраховану нами раніше за формулою (4.10), з врахуванням додаткових витрат  $K_{\text{дод}}$ , пов'язаних з врахуванням непередбачених обставин.

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

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (3.12)$$

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

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (3.13)$$

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

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

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України прийmemo, що  $\tau = 0,10$  (або 10%);

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо  $E_{abc} \leq 0$ , то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо  $E_{abc} > 0$ , то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

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

$$ПП = \frac{2435,497}{(1+0.1)^2} + \frac{2171,652}{(1+0.1)^3} + \frac{974,199}{(1+0.1)^4} + \frac{811,832}{(1+0.1)^5} = 6289,494 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 6289494 - 1854247 = 4435247 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (3.14)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій,  $E_{abc}$  4435247грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 1854247$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 4435247/1854247} - 1 = 0,357 = 35,7\%$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

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

$$\tau = d + f, \quad (3.15)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 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  $E_B = 35,7\% > \tau_{\text{мін}} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,357 = 2,8$$

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

#### 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 наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (28 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1 Аналіз умов праці [25]

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з діючою класифікацією (ГОСТ 12.0.003-74) поділяються на такі групи: фізичні; хімічні;- психологічні; біологічні.

На дільниці, де виготовляється деталь типу „Фланець 00.047” виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатня природного освітлення;

- хімічні: загально токсичні ( $CO_2$  — джерело - міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючи (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово- психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);

- біологічні: хвороботворні мікроорганізми та бактерії, що з’являються при роботі з ЗОР.

### 4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи [25]

#### 4.2.1 Електробезпека

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з’єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьох-фазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю.



Занулення в електроустановках не знаходяться під напругою до 1000 В — спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення - всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на дільниці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, забороняючи, остерігаючи та нагадуючи.

#### 4.2.2 Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на дільниці

Виробниче обладнання повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование произведено. Общие требования безопасности”. Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися устрій, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці обробку різанням повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні

відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

#### 4.3 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії [24]

##### 4.3.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

Виробниче приміщення повинно відповідати вимогам СНиП П-2-80, СНиП П-89-80.

Згідно ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование производственно. Общие требования безопасности”, обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше  $15\text{ м}^3$ , а площа -  $4,5\text{ м}^2$ .

##### 4.3.2 Мікроклімат в виробничому приміщенні

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря  $t, \text{ }^\circ\text{C}$ ; відносною вологістю  $\varphi, \%$ ; швидкістю руху повітря на робочому місці  $V, \text{ м/с}$ ; атмосферним тиском  $p, \text{ мм.рт.ст.}$ .

Згідно з вимогами ССТБ метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина почуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря  $t=18\dots22\text{ }^\circ\text{C}$ ; відносна вологість  $\varphi=40\dots60\%$ , швидкість руху повітря на робочому місці  $V=0,1\dots0,2\text{ м/с}$ .

ГОСТ 12.1.005-88 „Санитарные нормы микроклимата производственных помещений” встановлює оптимальні та доступні параметри мікроклімату для різних категорій робіт, пори року, типів робочих місць. Для категорії робіт II б - роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t, °C				Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с		
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Доп. на роб. місці	Оптимальна	Доп. на роб. місці
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост	непост	пост	непост				
Холодний	П б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	≥0,4
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70	0,3	0,2...0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати  $100 \text{ Вт/м}^2$  при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху, де відсутні шкідливі виділення і необхідно мала кратність повітрообміну, застосовують витяжну загально обмінну вентиляцію.

#### 4.3.3 Освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т.д.

Згідно СніП II-4-79 зорова робота на дільниці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Природне освітлення на дільниці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості - це відношення освітленості зовні. Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне - газорозрядними лампами.

Згідно СНиП П-4-79 для розряду зорових робіт вищої точності - II б, освітленість має складати: комбінована - 4000 лк; загальна — 1250 лк; контраст об'єкта розпізнавання з фоном - середній; фон - темний.

Нормальне значення для КПО:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (4.1)$$

де,  $e_H^{III}$  - значення КПО для будівель, що розташовані у II поясі світлового клімату;

$m$  - коефіцієнт світлового клімату, що враховує особливість світлового клімату іншої місцевості;

$c$  - коефіцієнт сонячності клімату.

Для бокового природного освітлення  $e_H^{III} = 10\%$ ; для суміщеного освітлення  $e_H^{III} = 6\%$ ;  $m^{IV} = 0,9$ ;  $c = 0,75$ , для зовнішніх стін азимут  $270^\circ$ .

Отже мінімальні значення КПО:

- для природного освітлення :  $e_H^{IV} = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2\%$ ;

- для суміщеного освітлення:  $e_H^{IV} = 6 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,215\%$ ;

Розрахунок достатності природного освітлення.

В приміщенні знаходять два вікна висотою 2,4м та шириною 3 м, площа яких становить  $14,4\text{м}^2$ .

Розраховуємо КПО за формулою:

$$e_h^{\sigma} = \varepsilon_{\sigma} \cdot q \cdot \Gamma_1 \cdot \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (4.2)$$

де  $\varepsilon_{\sigma}$  - геометричний КПО в розрахунковій точці:  $\varepsilon_{\sigma} = 0,01(\Pi_1 + \Pi_2)$ ,

де  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  - кількість променів що падають в розрахункову точку відповідно на поперечному перерізі та на плані приміщення;

$q = 0,77$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість хмарного неба;

$\tau_1 = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО;

$\tau_0$  - загальний коефіцієнт світло пропускання:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (4.3)$$

де,  $\tau_1 = 0,8$  - коефіцієнт пропускання матеріалу;

$\tau_2 = 0,7$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сплетіннях світлопроводу;

$\tau_3 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях;

$\tau_4 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці;

$K_3$  - коефіцієнт запасу;

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,5$$

Підраховуємо кількість променів  $n_1$  та  $n_2$  по нормативах відповідно  $n_1=11$ ;  $n_2=44$ .

Так, як  $\varepsilon_o = 0,01 \cdot (11 + 44) = 0,05$ , то  $e_p^o = 0,55 \cdot 0,77 \cdot 0,8 \cdot \frac{0,5}{1,3} = 1,1\%$

Відхилення розрахункового значення від нормального становить 8,2%, що допускається.

Отже, в приміщення достатньо надходить природного світла.

#### 4.3.4 Шум та вібрації

Шум має великий вплив на працездатність людини. Допустимі рівні шуму нормуються у СніП 3223-85 „Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах”.

Джерелами шуму на розглядаємій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Таблиця 4.2 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.2.

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання неврівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На дільниці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. Згідно ГОСТ 12.1012-90 ССБТ. Вібрація. Общие требования безопасности” на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 7.3) для категорій вібрацій 3 тип „а” - технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні вібрацій

Вид вібрації	Категорії вібрацій по СН	Напрявлення дії	Нормативне коригування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-прискорення	Рівень віброприскорення	Вібро-швидкість	Рівень віброшвидкості
			м с <sup>-1</sup>	дБ	м с <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	дБ
Загальна	3 тип «а»	z0, y0, x0	0,1	100	0,2	92

#### 4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях надзвичайних ситуацій

Електронна апаратура верстатів, 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, передаваної при опромінюванні, 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 випромінюваннями, 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.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна взяти 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 скла 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 металевої 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 дозволяють регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до долей Ом.

4.4.1 Оцінка стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки приймають такі максимальні значення рівня радіації, або дози опромінення, при яких матиме місце зміна параметрів деяких елементів, але не буде порушено його роботу в цілому.

- Проаналізуємо елементну базу електронної частини обладнання дільниці механічної обробки. До її складу входять напівпровідникові елементи, випрямлячі, інтегральні схеми, конденсатори, резистори, транзистори, магнітні матеріали, діелектричні матеріали.

- За довідниковими таблицями для кожного з елементів визначимо  $D_{гр}$ , які заносимо до таблиці 4.4.



- За мінімальним значенням  $D_{гр}$  визначимо границю стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в цілому  $-10^4$  (P).

- З розрахунку роботи обладнання дільниці механічної обробки в заданих умовах протягом 5 років визначимо можливу дозу опромінення:

$$D_m = \left( 2 \cdot 6,4 \cdot \left( \sqrt{5 \cdot 8760} - \sqrt{1} \right) \right) / 5 = 535,8(P),$$

де,  $p_{1max} = 6,4$  P/год – максимальне значення рівня радіації через 1 год. після аварії на радіаційно-небезпечному об'єкті;

$t_{п}=1$ ,  $t_k = 5$  років = 43800 год – відповідно, час початку і кінця опромінення обладнання дільниці механічної обробки, що визначається його експлуатаційним терміном;

$K_{нос} = 5$  – коефіцієнт послаблення радіації.

Таблиця 4.4 – Границі стійкості роботи елементів обладнання дільниці механічної обробки в умовах радіаційного забруднення

Елементна база	$D_{epi}$ (P)	$D_{ep.min}$ (P)
Випрямлячі	$10^6$	$10^4$
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	
Інтегральні схеми	$10^5$	
Магнітні матеріали	$10^8$	
Резистори	$10^6$	
Конденсатори	$10^6$	
Діелектричні матеріали	$10^7$	

Гранично допустиме значення потужності дози

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{нос}}{2 \left( \sqrt{t_k} - \sqrt{t_n} \right)} = \frac{10^4 \cdot 5}{2 \left( \sqrt{43801} - \sqrt{1} \right)} = 120 \text{ P/год}$$

Так як  $D_M < D_{гр.мін}$ , то робота обладнання дільниці механічної обробки серверної сторони буде стійкою в умовах дії іонізуючих випромінювань і обладнання буде працювати у потрібному режимі.

7.4.2 Оцінка стійкості роботи дільниці механічної обробки в умовах дії електромагнітного імпульсу.

За критерій стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки і цих умовах береться коефіцієнт безпеки:

$$K_б = 20 \lg(U_D / U_{B(\Gamma)}) \geq 40 \text{ дБ},$$

де,  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення;  $U_{B(\Gamma)}$  – напруги наведення в вертикальних(горизонтальних) струмоведучих частинах.

- Визначимо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

$$E_\Gamma = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 7 \text{кВ} = 7 \text{В}.$$

- Максимальні довжини струмопровідних частин обладнання дільниці механічної обробки:

$$l_{\Gamma} = 0,25 \text{ (м)}; l_{B\Gamma} = 0,1 \text{ (м)}.$$

- Напруги наведені в вертикальних та горизонтальних струмопровідних частинах блока живлення:

$$U_{B\Gamma} = E_\Gamma \cdot l_{B\Gamma} = 7 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma} = 7000 \cdot 0,25 = 1750 \text{ (В)}.$$

- Допустиме коливання напруги живлення визначимо за формулою:

$$U_D = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ В}$$

де, N – допустиме відхилення у %.

Визначаємо коефіцієнти безпеки:

$$K_{\sigma}^e = 20 \lg \frac{12,6}{0,7} = 25,1 \text{ дБ},$$

$$K_{\sigma}^z = 20 \lg \frac{12,6}{1750} = -42,85 \text{ дБ}.$$

Умова стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки, а саме –  $K_{\text{БВГ}} < 40 \text{ дБ}$  і  $K_{\text{БГГ}} < 40 \text{ дБ}$  виконується.

4.4.3 Розробка заходів захисту дільниці механічної обробки в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Проведений розрахунок дозволяє зробити висновок, що електронна частина обладнання дільниці механічної обробки є нестійкою в роботі в умовах дії ЕМІ і необхідно здійснити екранування її струмопровідних частин.

Розрахунок необхідної товщини захисного екрану з заліза:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, \text{ [дБ]} \quad (7.4)$$

де:  $t$  - товщина стінки екрану, см;  $f = 15 \text{ кГц}$ .

$$A_{\min} = 40 - K_{\sigma, \min} = 40 - (-7,7) = 47,7 \text{ (дБ)}$$

Тоді:

$$t_{\min} = A_{\min} / (\sqrt{f} \cdot 5,2) = 47,7 / \sqrt{15000} \cdot 5,2 = 0,075 \text{ (см)}$$

## Висновок

Отже для забезпечення стійкої роботи електронної частини обладнання дільниці механічної обробки в заданих умовах необхідно здійснити екранування їх струмопровідних частин сталевим екраном товщиною 0,075 мм.

Для захисту обладнання у випадку виникнення інших надзвичайних ситуацій можна вжити такі заходи:

- використання обладнання в потенційних безпечних зонах;
- розміщення обладнання в зміцнених та захищених приміщеннях;
- за можливістю використання бездротової передачі даних та автономного енергозабезпечення;
- фіксація чи розміщення обладнання в місцях з максимальним обмеженням свободи руху та доступу повітря чи вологи;
- забезпечення можливості швидкого демонтажу та переміщення в безпечні місця;
- при необхідності герметизація приміщень або місць розташування обладнання;
- використання меблів та стін приміщень з негорючих та екрануючих матеріалів та захист іншими покриттями.

Щодо конструктивних рішень, то для захисту обладнання можна використати такі:

- використання в конструкції елементів, що є нечутливими до дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу, стрибків напруги спричинених іншими подіями;
- виготовлення корпусних деталей з екрануючих матеріалів;
- використання герметичних корпусів та блоків;
- створення блочних конструкцій з взаємозамінними блоками;
- використання дублюючих блоків або паралельних блоків;
- використання елементів автоматичного відключення блоків чи пристрою в цілому у випадку надзвичайних подій.

За результатами проведеного розрахунку можна зробити такі висновки:

- Так як  $D_m < D_{гр.мін}$ , то робота електронної частини обладнання дільниці механічної обробки буде стійкою в умовах дії іонізуючих випромінювань і обладнання буде працювати у потрібному режимі.

- Умова стійкості роботи електронної частини обладнання дільниці механічної обробки, а саме –  $K_{БВГ} < 40\text{дБ}$  і  $K_{БГГ} < 40\text{дБ}$  в заданих умовах не виконується, тому для забезпечення стійкої її роботи необхідно здійснити екранування струмопровідних частин сталевим екраном товщиною 0,075 і більше мм.

- Для захисту електронної частини обладнання дільниці механічної обробки від впливу інших небезпечних чинників можна використати заходи запропоновані в останньому підрозділі.

## ВИСНОВКИ

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

Отже, в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Поршень 12.148», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва серійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Поршень 12.148» вибраний спосіб штампування, який економічно доцільніший; на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки. Виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах.

Для фінішної обробки отвору використано деформує обкочування. Для вибору оптимальних показників точності досліджено вплив технологічних параметрів на твердість отримуваної поверхні. Це дозволило обрати оптимальні режими обробки і отримати якісну поверхню

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. О.В.Сердюк Вплив технологічних параметрів процесу на твердість отриманої поверхні / Сердюк О.В., Гой Б.О., Савчук С.І. // XLVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області(березень2018р.).Режим доступу до журн.:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4510/3607>
- 2 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.
- 3 Браславский В. М. Технология обкатывания великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
- 4 Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
- 5 Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: Тул ГУ. – 2004. – С. 150-156
- 6 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.
- 7 Смелянський Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластическим деформированием: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

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

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

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

11 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.

12 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.

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

14 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.

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

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

17 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.



18 Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с. Електронний ресурс : [http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site\\_tam/](http://www.vstu.vinnica.ua/ua/inst/inmt/site_tam/).

19 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.

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

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

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

23“Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.

24 Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.

25Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991

26 Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.

27 Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.

28 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.

29 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.

30 Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.

31 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.

32 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.

33 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.

## Додатки

## Додаток А

### Технічне завдання

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 технологічного процесу механічної обробки заготовки дета-  
лі типу «Поршень 12.148»  
08-26.МКР.008.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викл. каф. ТАМ

Сердюк О.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Гой Б.О. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Поршень 12.148» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, та досягнення меншої шорсткості для поверхонь, що є парами тертя;

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 «Поршень 12.148».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів способу поверхневого зміцнення поверхонь та вибору 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			Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення			Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження			розділ 3, публікація результатів

4	Підготовка економічної частини			розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях			розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації			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.

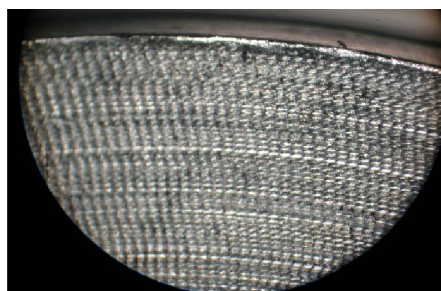
9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

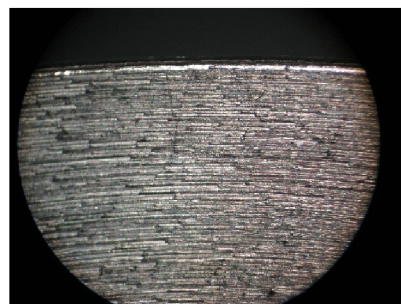
Додаток Б

Графічна частина

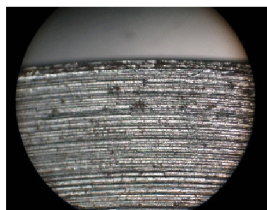




а)

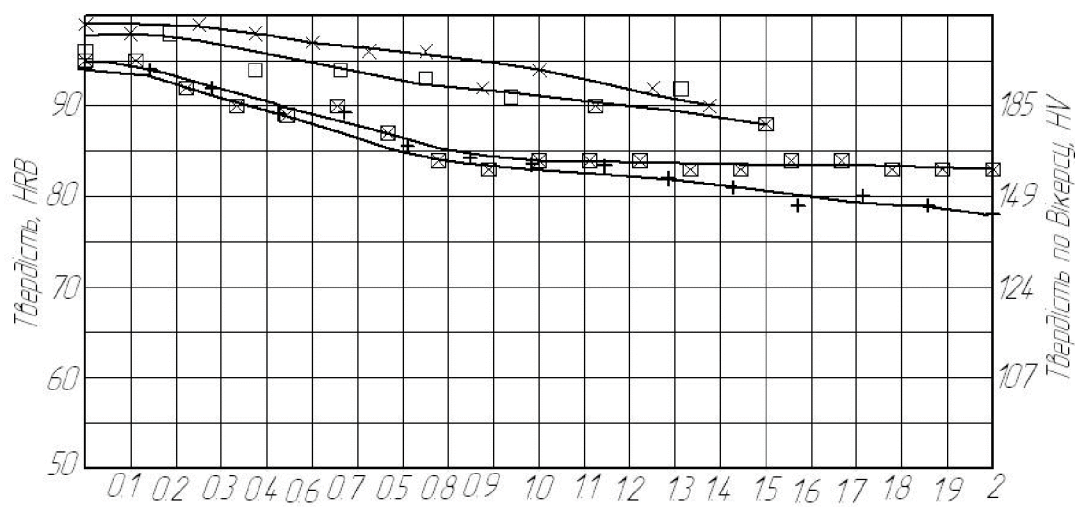


б)



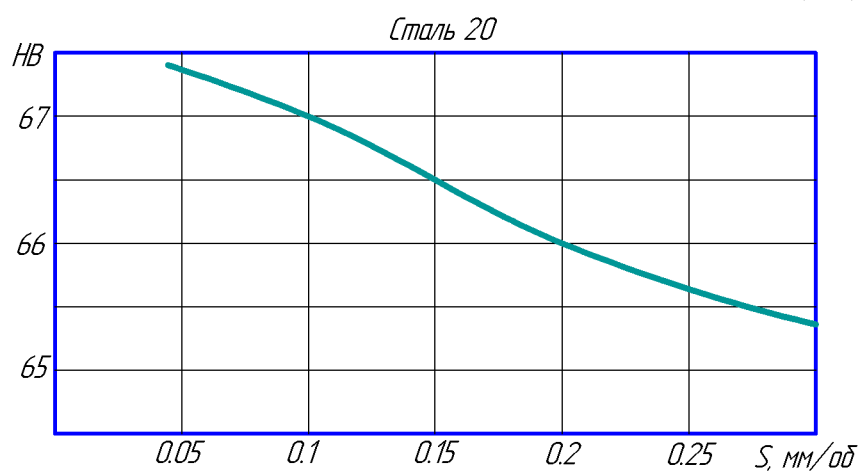
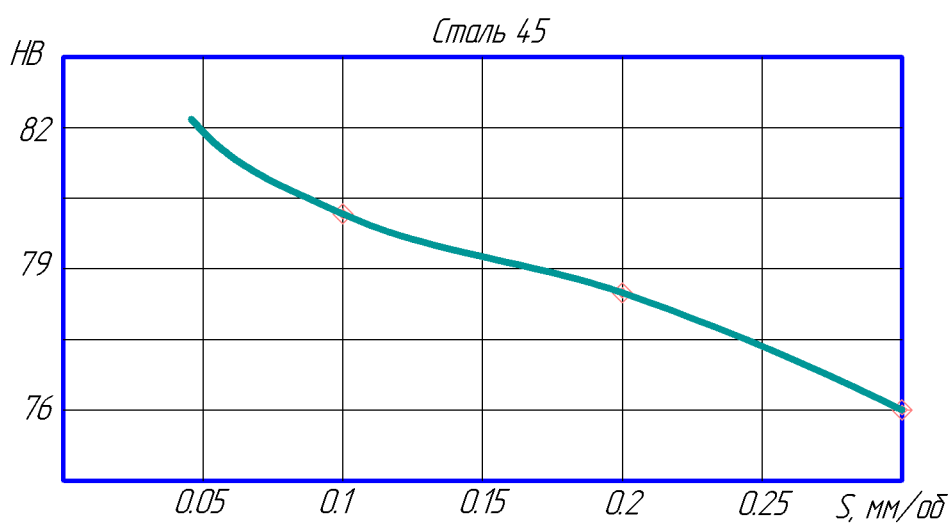
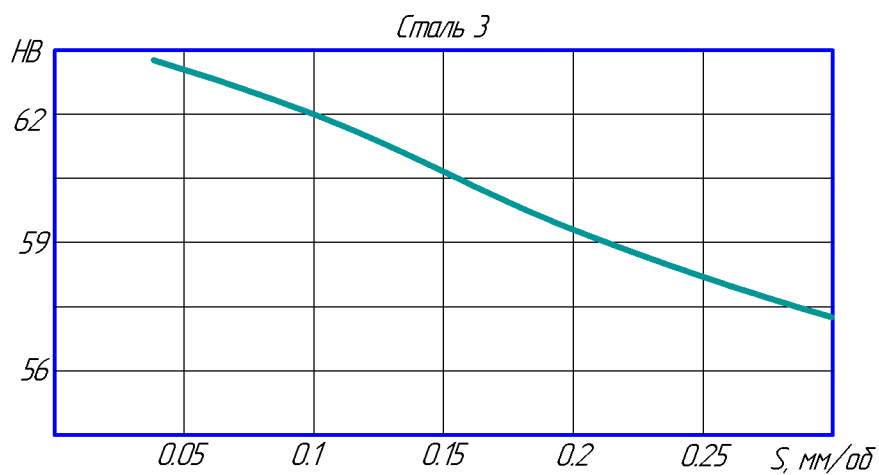
в)

Поверхневий шар заготовки після обточування  
із зусиллям 1000 Н (а), 1200Н (б), 1400Н(в)

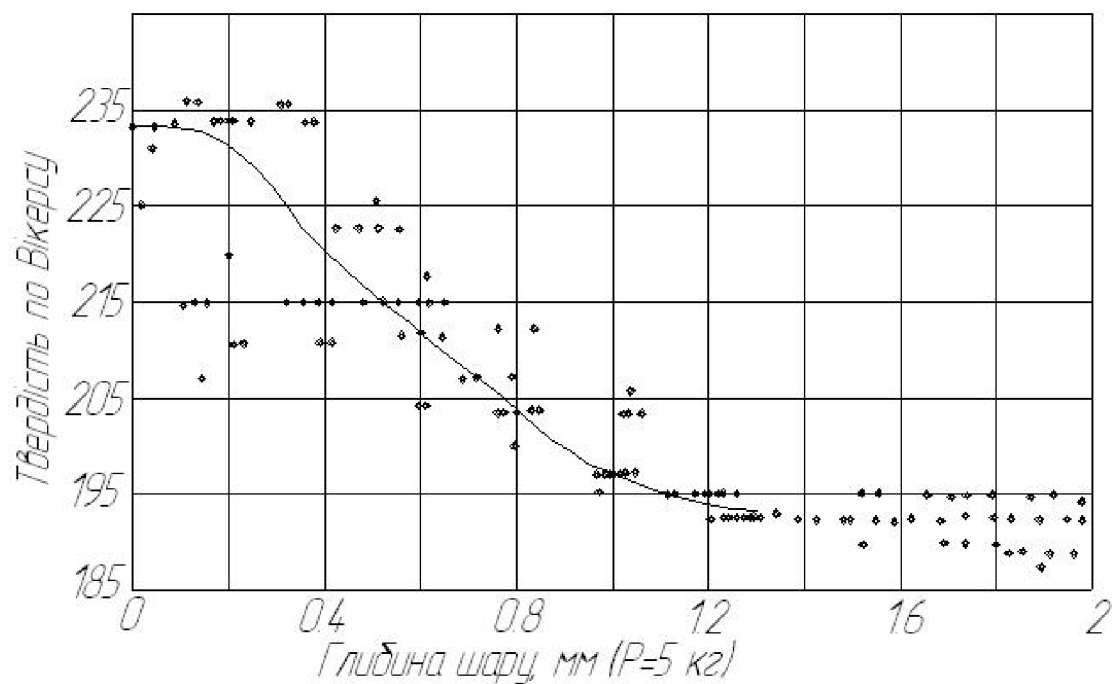


x- подача 0.19 мм/об  
□- подача 0.29 мм/об  
⊠- подача 0.48 мм/об  
+ - подача 0.67 мм/об

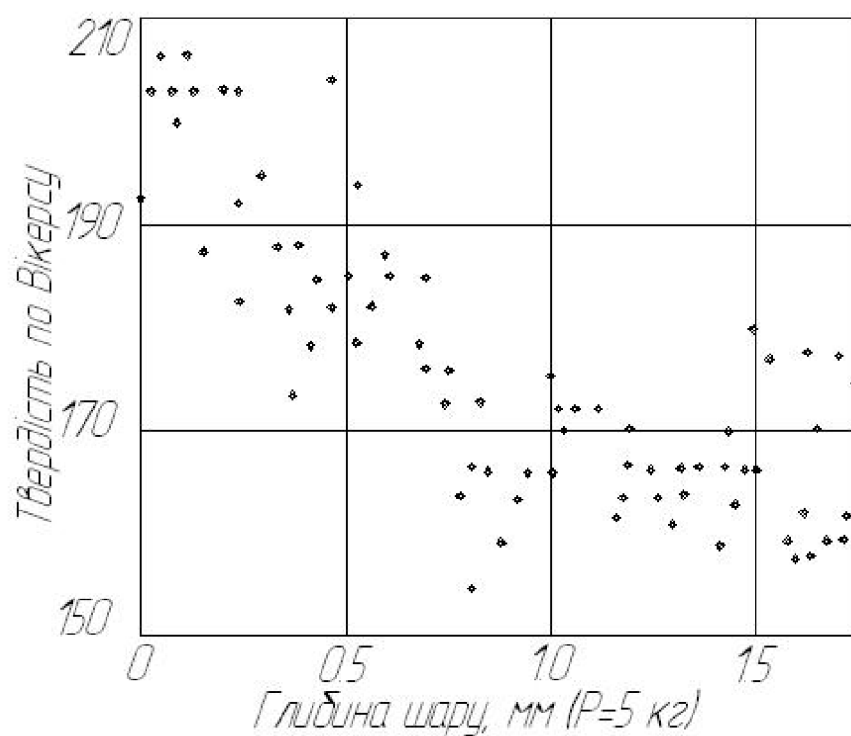
Залежність твердості від відстані від поверхні (Л 58)



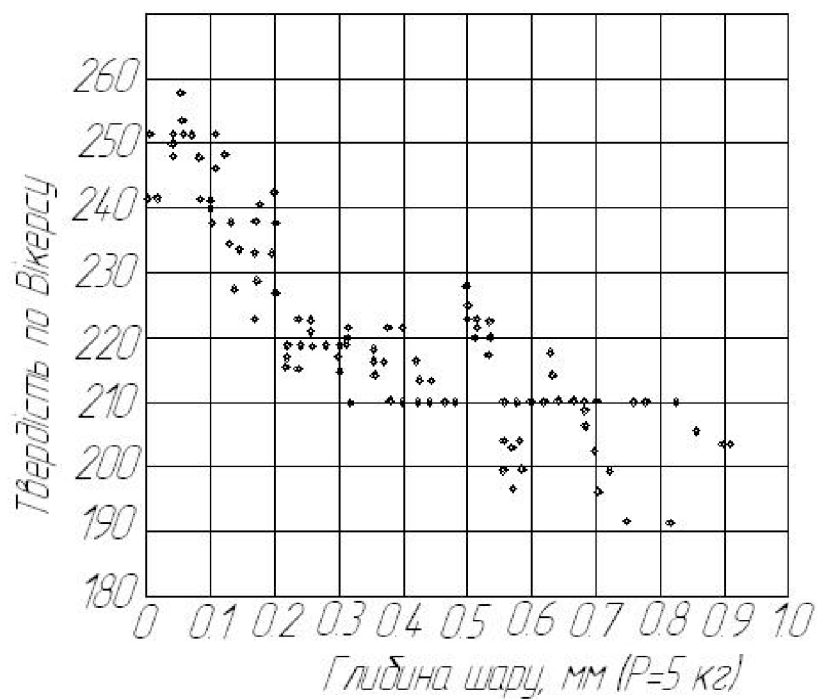
Залежність отриманої твердості від подачі при використанні ППД



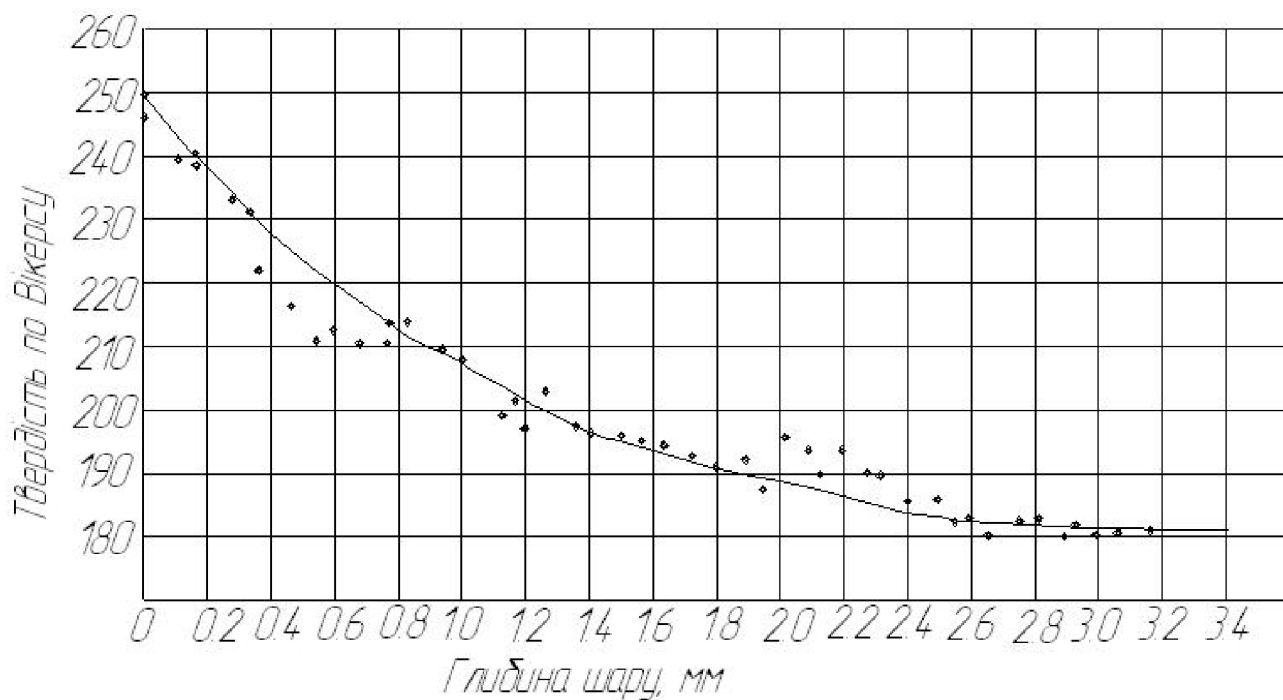
Залежність твердості від відстані від поверхні (40ХНМА)



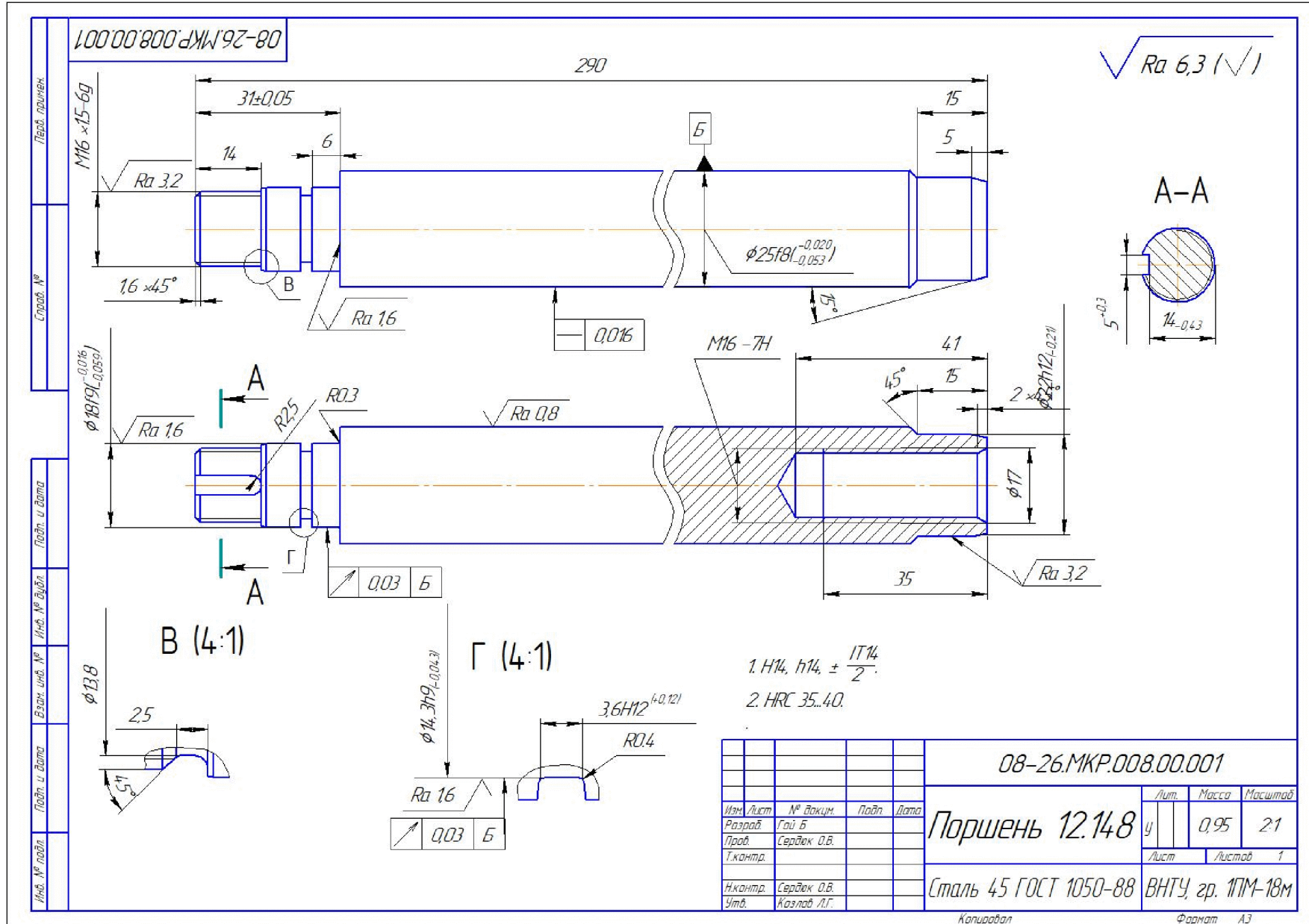
Залежність твердості від відстані від поверхні (Ст5)

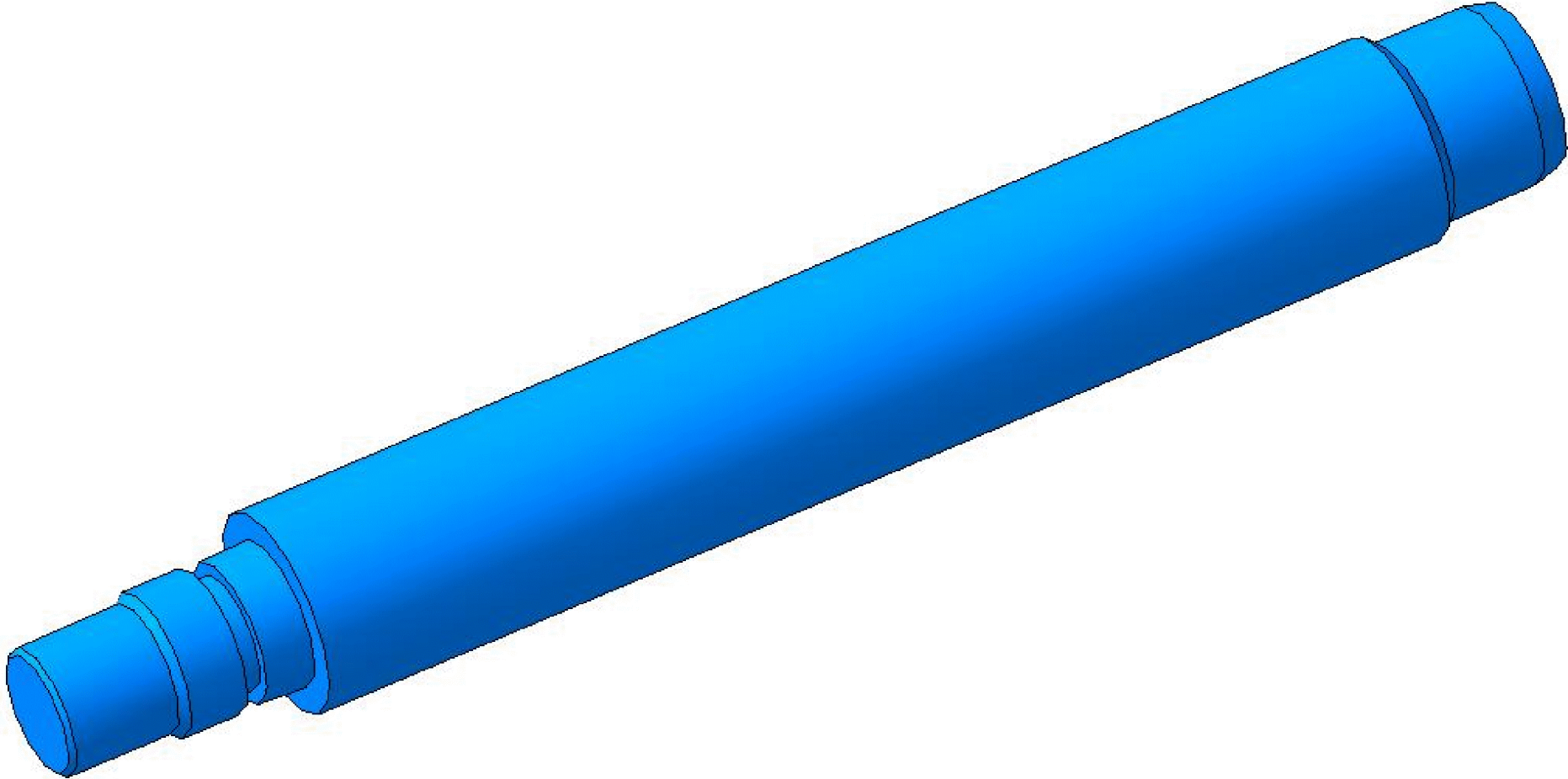


Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40X)

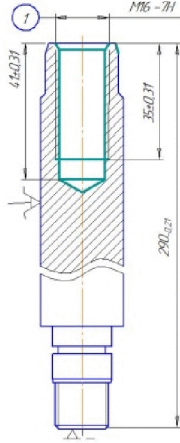
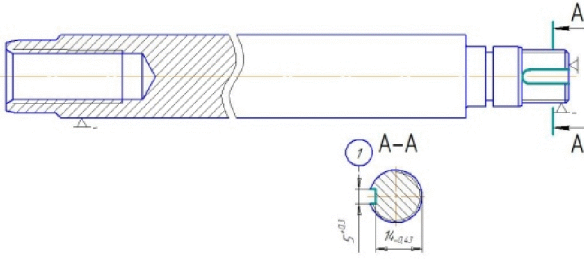



Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40)




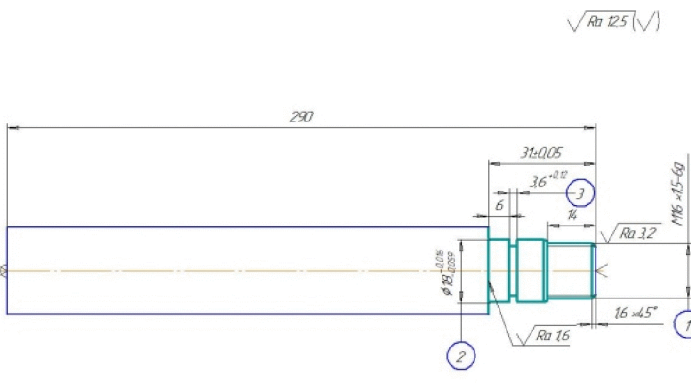
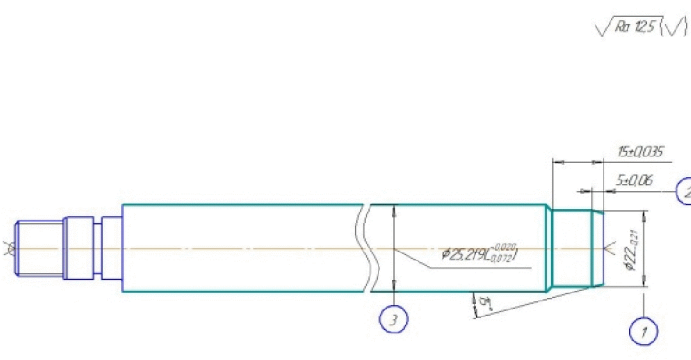


Инв. № лавла	Лавл. и вата	Взам. инв. №	Инв. № выдл	Лавл. и вата	Склад. №	Перв. вычек.																																																								
08-26.МКР.008.00.002																																																														
					08-26.МКР.008.00.002																																																									
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Поршень 12.148 (заготовка)</td> <td style="text-align: center;">Лит.</td> <td style="text-align: center;">Масса</td> <td style="text-align: center;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ док.м.</td> <td style="text-align: center;">Побл.</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Разраб.</td> <td style="text-align: center;">Гол</td> <td style="text-align: center;">Сердюк О.В.</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">166</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Проб.</td> <td style="text-align: center;">Сердюк О.В.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Лист</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н.контр.</td> <td style="text-align: center;">Сердюк О.В.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Листов</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Утв.</td> <td style="text-align: center;">Козлов Л.Г.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ВНТУ, зр. 1ПМ-18м</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Формат А3</td> </tr> </table>		Поршень 12.148 (заготовка)			Лит.	Масса	Масштаб	Изм.	Лист	№ док.м.	Побл.	Дата	Лист	Разраб.	Гол	Сердюк О.В.			166	Проб.	Сердюк О.В.				21	Т.контр.					Лист	Н.контр.	Сердюк О.В.				Листов	Утв.	Козлов Л.Г.				1						ВНТУ, зр. 1ПМ-18м							Формат А3	
Поршень 12.148 (заготовка)			Лит.	Масса	Масштаб																																																									
Изм.	Лист	№ док.м.	Побл.	Дата	Лист																																																									
Разраб.	Гол	Сердюк О.В.			166																																																									
Проб.	Сердюк О.В.				21																																																									
Т.контр.					Лист																																																									
Н.контр.	Сердюк О.В.				Листов																																																									
Утв.	Козлов Л.Г.				1																																																									
					ВНТУ, зр. 1ПМ-18м																																																									
					Формат А3																																																									
					30 ГОСТ 12590-71 Круг Сталь 45 ГОСТ 1050-88																																																									
					Копирвал																																																									

№	Операції, переходи	Ескізи деталі та схема установки	Моделі верстатів
020	<p><b>Вертикально-свердильна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку                  2 Центрувати отвір 1                  3 Свердлити отвір 1 в розмір 14(+0,22)                  4 Зенкерувати фаску в отворі 1                  5 Нарізати різь в отворі 1 в розмір згідно ескізу                  6 Зняти заготовку</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}\ (\checkmark)</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</i></p>	<p>Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2</p>
025	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку                  2 Фрезерувати паз 1 витримуючи розміри вказані на ескізі                  3 Зняти заготовку</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}\ (\checkmark)</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</i></p>	<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3</p>
030	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку                  2 Обкатити поверхню 1 витримуючи розміри вказані на ескізі                  3 Зняти деталь</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}\ (\checkmark)</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</i></p>	<p>Токарний високої точності МК6801Ф3</p>



## Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p><b>Фрезерно-центрувальна</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2 3 Витримуючі розміри вказані на ескізі 4 Центрувати отвори 3 та 4 5 Витримуючі розміри вказані на ескізі 6 Зняти заготовку</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Фрезерно-центрувальний 2A931
010	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхні 1 та 2 попередньо в розмірі 18,4(-0,36) та 16,6(-0,36) 3 Точити поверхні 1 та 2 попередньо в розмірі 18,1(-0,24) та 16,2(-0,24) 4 Точити канавку 3 витримуючі розміри вказані на ескізі 5 Точити остаточно поверхні 1 та 3 витримуючі розміри вказані на ескізі 6 Нарізати різь на поверхні 1 витримуючі розміри вказані на ескізі 7 Зняти заготовку</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Токарний з ЧПК 16K20T1
015	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхню 1 та 3 попередньо торцеві 1 та поверхні 3,5,7 попередньо в розмірі 22,2(-0,36), 25,6 (-0,36) відповідно 3 Точити фаску 2, поверхню 1 остаточно витримуючі розміри вказані на ескізі та поверхню 3 попередньо 4 Точити поверхню 3 остаточно 5 Зняти заготовку</p>	 <p>Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Токарний з ЧПК 16K20T1

Розмірна схема

