

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:

Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 14.25В» з використанням
CALS-технологій
08-26.МКР.005.00.000 ПЗ

МКР 131 ТАМ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19мз
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Химич Є.А. _____

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Рецензент: к.е.н., доцент каф. АТМ

Макарова Т.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ - 2021 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.

«10» березня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Химич Євгеній Анатолійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 14.25В» з використанням CALS-технологій
 керівник МКР Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «9» березня 2021 року №64.

2. Строк подання студентом МКР: 15 червня 2021

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі Кришка 14.25В (додаток А)
Матеріал
Програма випуску

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

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

Кришка 14.25В, кришка 14.25В (заготовка), розмірний аналіз технологічного процесу, маршрут механічної обробки, карта налагодження, розрахунок елементів дільниці механічної обробки

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Доц. Сердюк О.В.		
Економічна частина	Ст. викл. Мацкевічус С.С		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Дембіцька С.М.		

7. Дата видачі завдання «10» березня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	15.03	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	2.04	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	10.04	
4	Розв'язання поставлених задач	20.05	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	20.05	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	18.05	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	20.05	
8	Попередній захист МКР	25.05	
9	Перевірка роботи на плагіат	21.05	
10	Нормоконтроль МКР	4.06	
11	Рецензування МКР	5.06	
12	Захист МКР	22.06	

Студент _____

Химич Є.А.

Керівник МКР _____

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

Химич Є.А. Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 14.25В» з використанням CALS-технологій – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2021 - 112с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

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

МКР 131 ТАМ

ABSTRACT

Khimich EA Technological preparation for the production of parts "Cover 14.25B" using CALS-technologies - Vinnytsia: VNTU, Department of TAM, 2021 - 112p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed, rolling was proposed, namely: the analysis of construction and manufacturability of the part, the method of manufacturing the workpiece, the modernized route of machining of the part on CNC machines with the development of the content of operations. the technological sizes, the sizes of allowances and preparations are established, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the section of machining is designed; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

MKP 131 TAM

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ОБКОЧУВАННЯ.....	13
1.1. Сучасні методи ППД. Залежність механічних властивостей пластично деформованого поверхневого шару від параметрів процесу	15
1.2. Експериментальні дослідження поверхні після обкочування роликом.....	16
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	25
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	25
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	
2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.....	
2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз.....	
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	54
2.9 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.....	59
Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів.....	64
2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	70
2.12 Проектування дільниці механічної обробки.....	75
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	85

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	85
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	87
3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	89
3.4 Виявлення основних конкурентів.....	90
3.5 Обрання методу ціноутворення.....	94
3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	95
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	98
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	100
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	105
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	106
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	107
4.1 Аналіз умов праці.....	108
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.3 Техніка безпеки.....	115
4.4 Пожежна безпека.....	116
4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	120
ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	124
ДОДАТКИ.....	127

ВСТУП

Актуальність. Однією з найважливіших задач машинобудівних технологій є забезпечення необхідної якості виробів, якомога меншої їх собівартості за умови забезпечення необхідної кількості їх виготовлення. Ефективним способом розв'язання цієї задачі є використання сучасних обладнання з ЧПК багатоцільових верстатів. Їх перевагою є універсальність, у поєднанні з можливістю автоматизації процесів механічної обробки, забезпечення необхідної якості виробів, можливість швидкого переналагодження в переходах від одного типорозміру деталей до іншого. Використання таких верстатів скорочує простой, підвищує частку машинного часу, скорочує обсяг операцій контролю.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка 14.25В»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кришка»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» з використанням обкочування, як фінішної обробки;

- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання при тонкому точінні, методологія аналізу похибок, що впливають точність розмірів, забезпечуваних на операціях механічної обробки.

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

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що

дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

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

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

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

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

МКР 131 ТАМ

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ОБКОЧУВАННЯ

1.1 Сучасні методи ППД. Залежність механічних властивостей пластично деформованого поверхневого шару від параметрів процесу

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

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

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

Вплив режиму обкочування роликками на результати обробки якісно показані в таблиці 1.1.

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 зменшується, 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

1.2 Експериментальні дослідження поверхні після обкочування роликком

Зміцнення поверхневим пластичним деформуванням супроводжується появою слою металу підвищеної твердості і виникненням остаточних напружень. Підвищення твердості пов'язано із дробленням кристалів на фрагменти і блоки, викривленням кристалічної решітки на їх границях, збільшенням дислокацій і вакансій. Якщо середня щільність сталі 45 оцінюється величиною 10^6 - 10^8 см⁻² то після ППД ця величина зростає до $5,52 \cdot 10^{11}$ - $11,58^{22}$ см⁻² [25]. « При исследовании

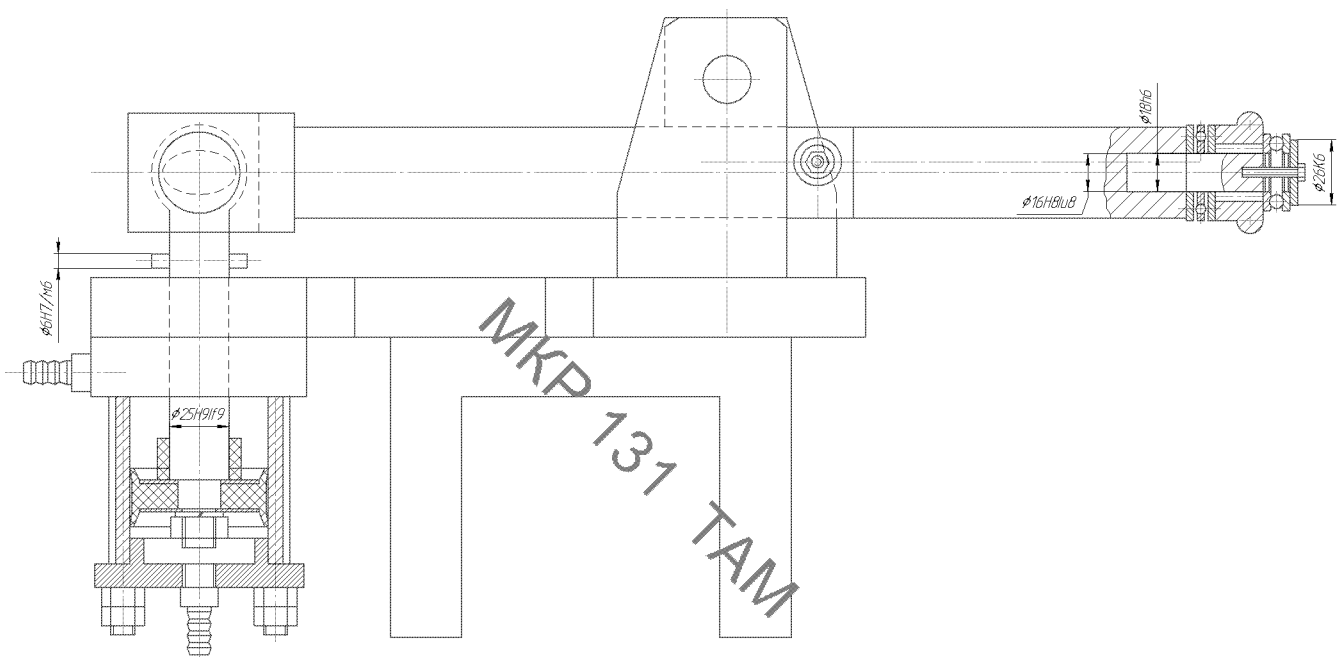


Рисунок 1.1 – Пристосування для обкатки

дислокаций в аустенитной стали было установлено, что среднее число дислокаций на 1 см² сечения составляет 10^9 см⁻² после пластической деформации 1% и 10^{12} см⁻² после деформации 20%» [25]. Все це збільшує кількість мікронерівностей по площинам ковзання пропорційно деформації матеріалу, приводить до збільшення твердості і міцності.

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 1.2.

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 градувальний графік: залежність зусилля з яким притискається до деталі ролик від тиску у системі. Для цього було використано динамометр, на який передавалося зусилля, діюче на ролик пристосування.

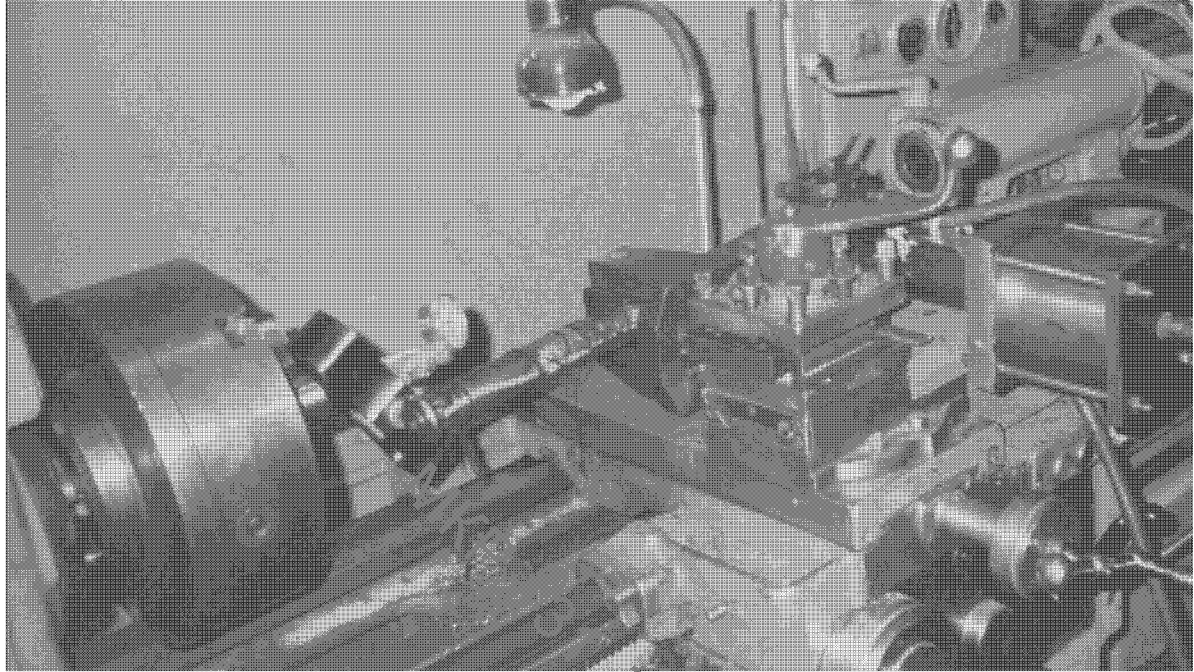


Рисунок 1.2 – Використання динамометра для побудови тарувального графіка

Для експерименту використано декілька заготовок із різних матеріалів, які обкатувалися із різними подачами, силою обкатки та різною кількістю проходів. На рис. 3.11 показано пристосування під час обробки. 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. 1.2. Із графіка видно, що із збільшенням подачі твердість отриманої 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 обкочуванні Сталі 45 твердість зросла на 25%, тобто твердість деталі за допомогою обкатки роликком можливо підвищити на 71МПа .

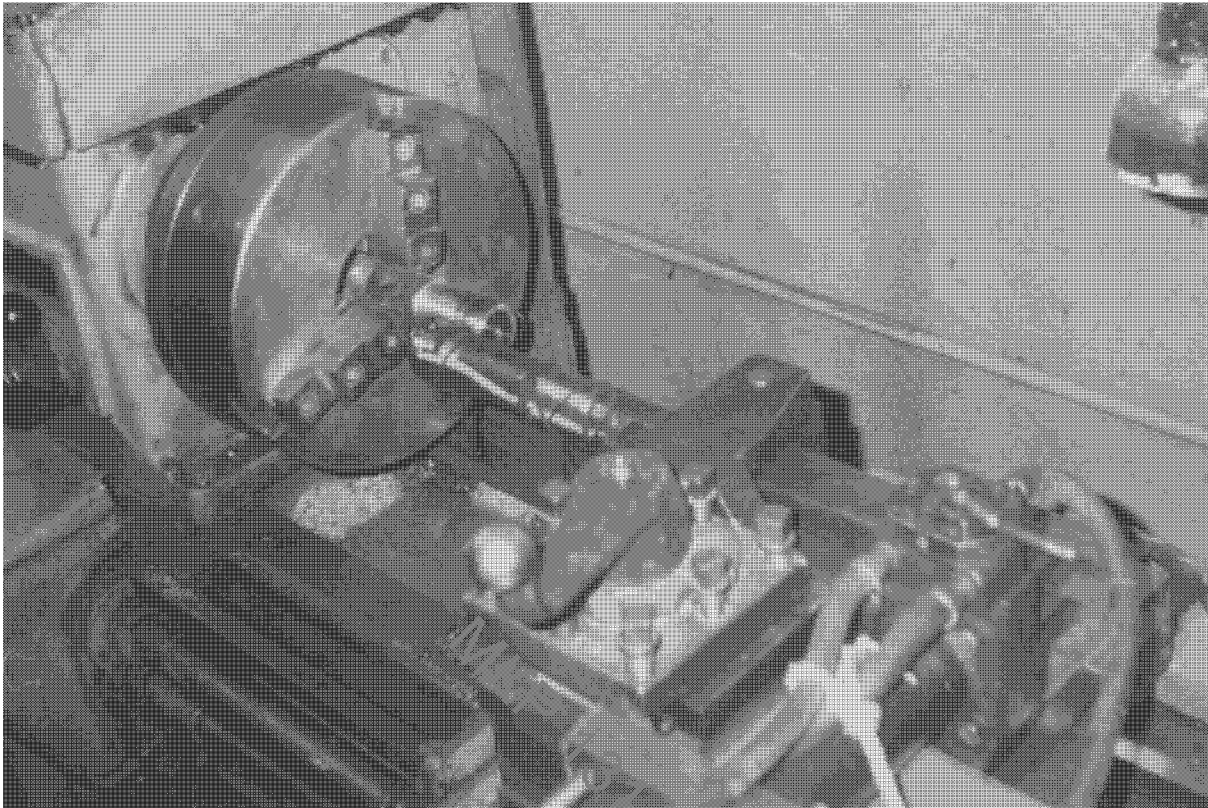


Рисунок 1.3 – Пристосування під час процесу обкатки

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

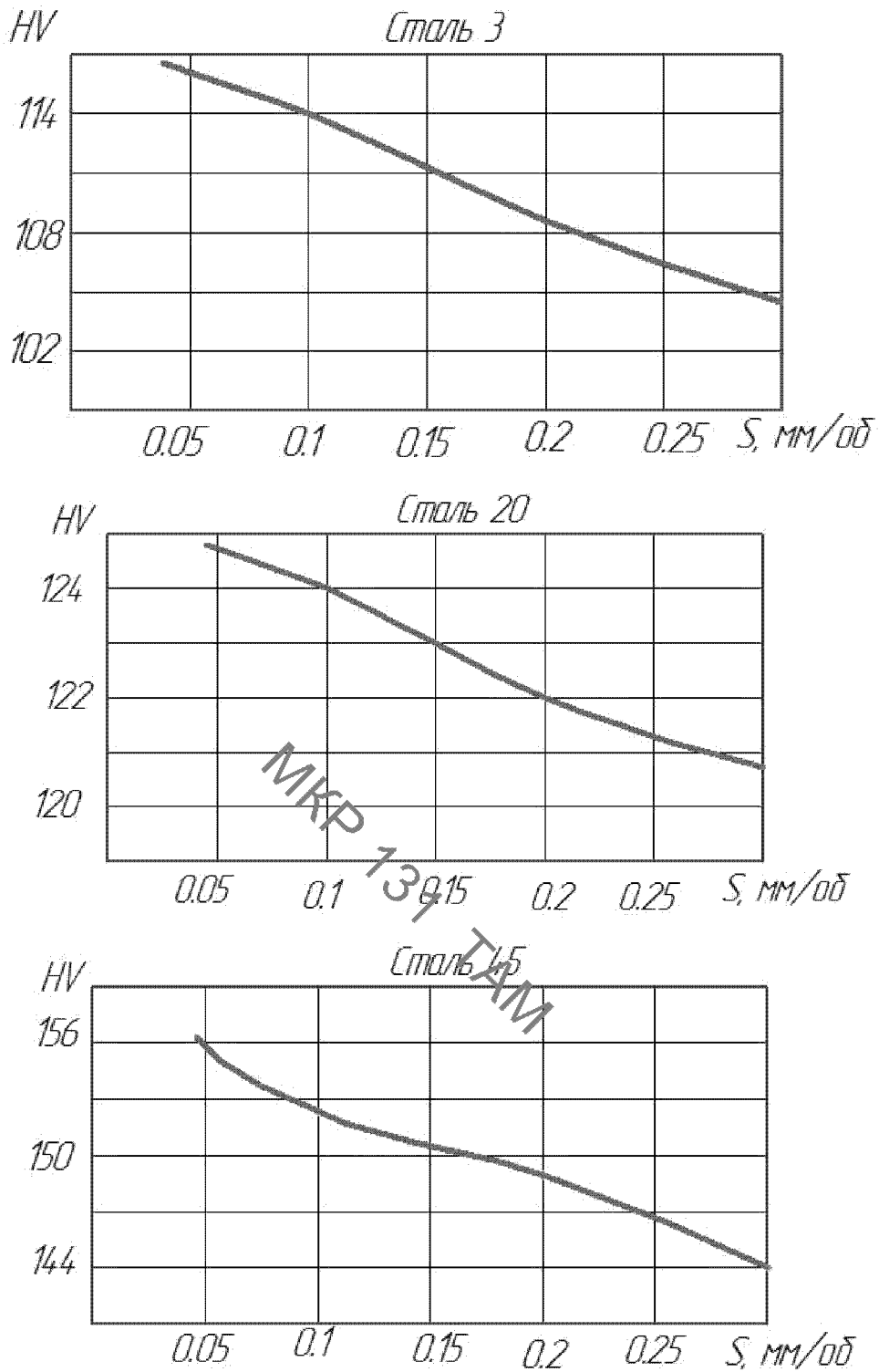


Рисунок 1.4– Залежність отриманої твердості поверхні від подачі при застосуванні ППД

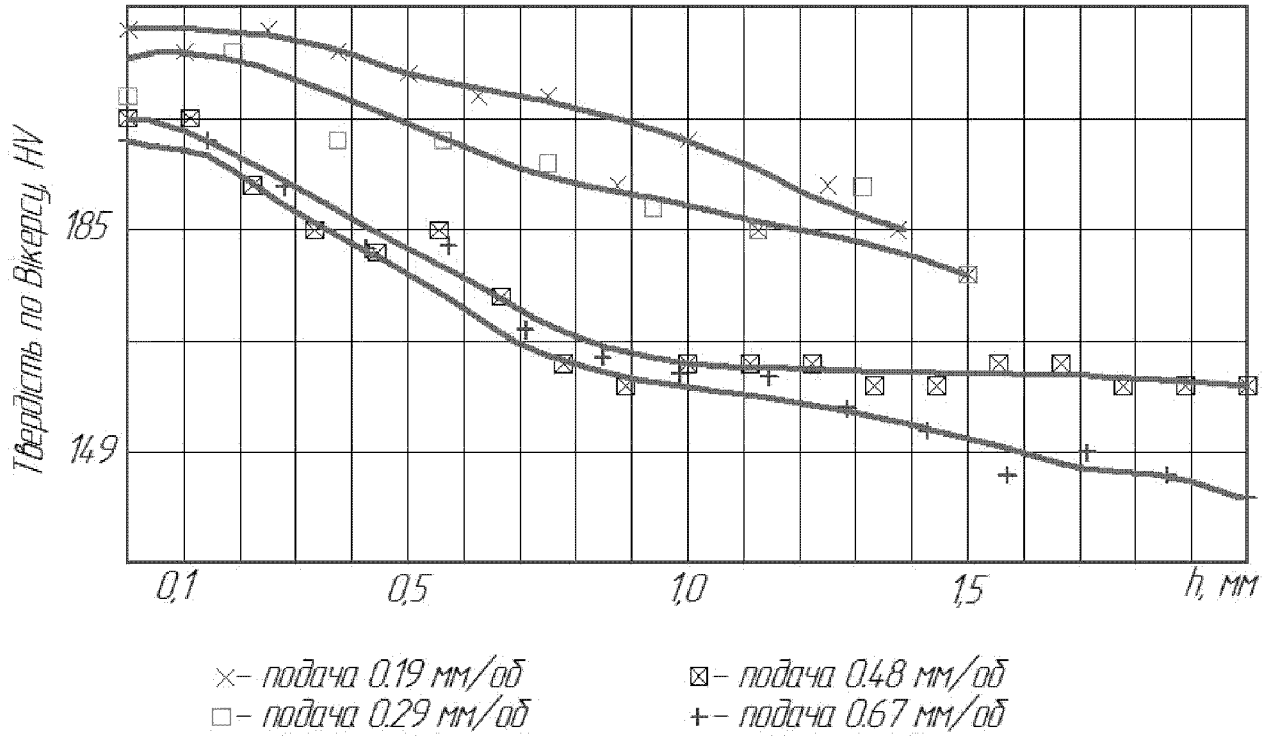


Рисунок 1.5– Залежність твердості від відстані від поверхні (ЛІ 58)

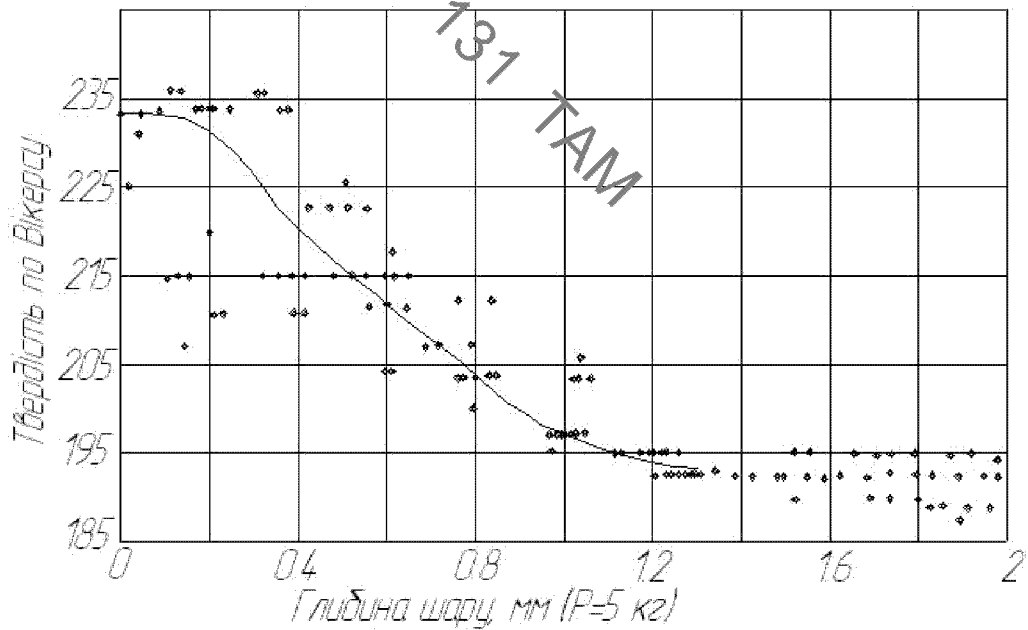


Рисунок 1.6 - Залежність твердості від відстані від поверхні (40ХНМА)

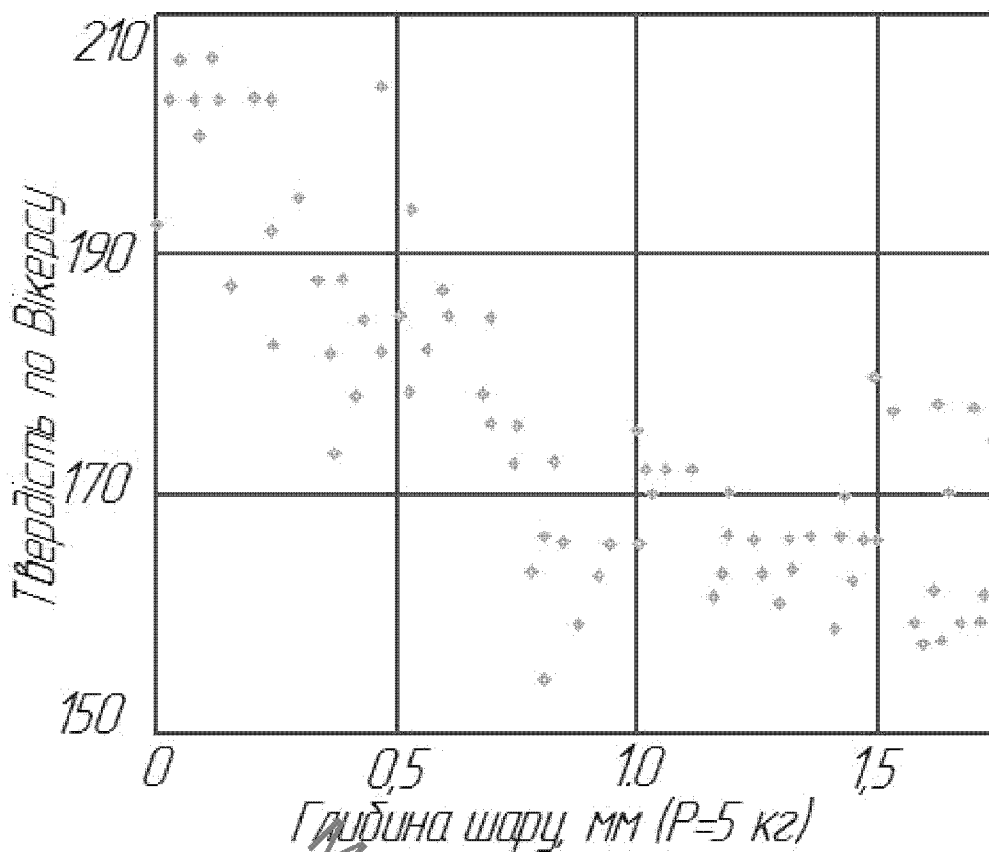


Рисунок 1.7– Залежність твердості від відстані від поверхні (Ст5)

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°. І, наприклад для латуні 58 отримано залежність твердості від відстані від поверхні деталі, а також їх залежність від подачі

Як видно із графіків зміцнення відбувається приблизно на товщину 1,5 мм, при цьому при збільшенні подачі твердість зменшується. Тобто потрібно підбирати 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

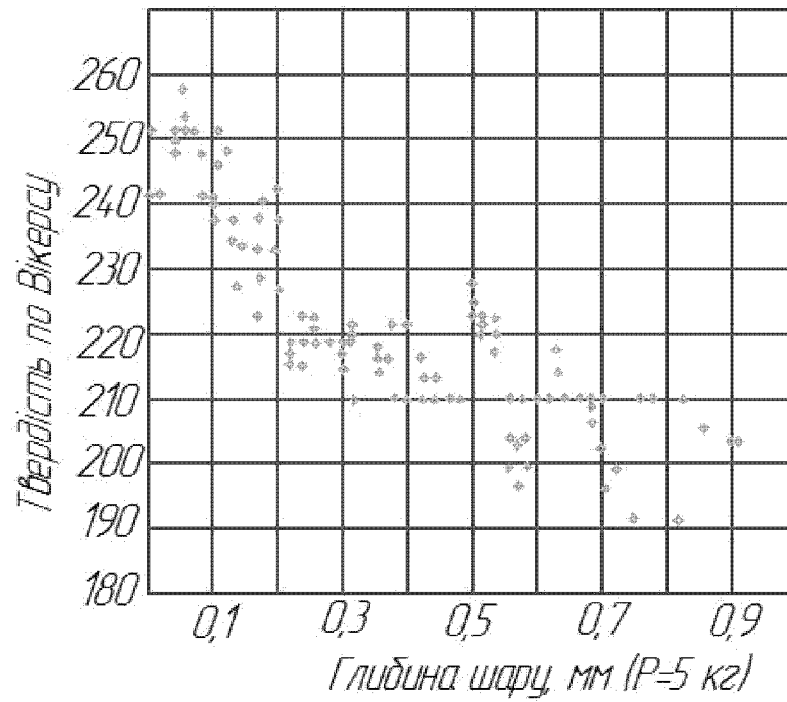


Рисунок 1.8–Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40X)

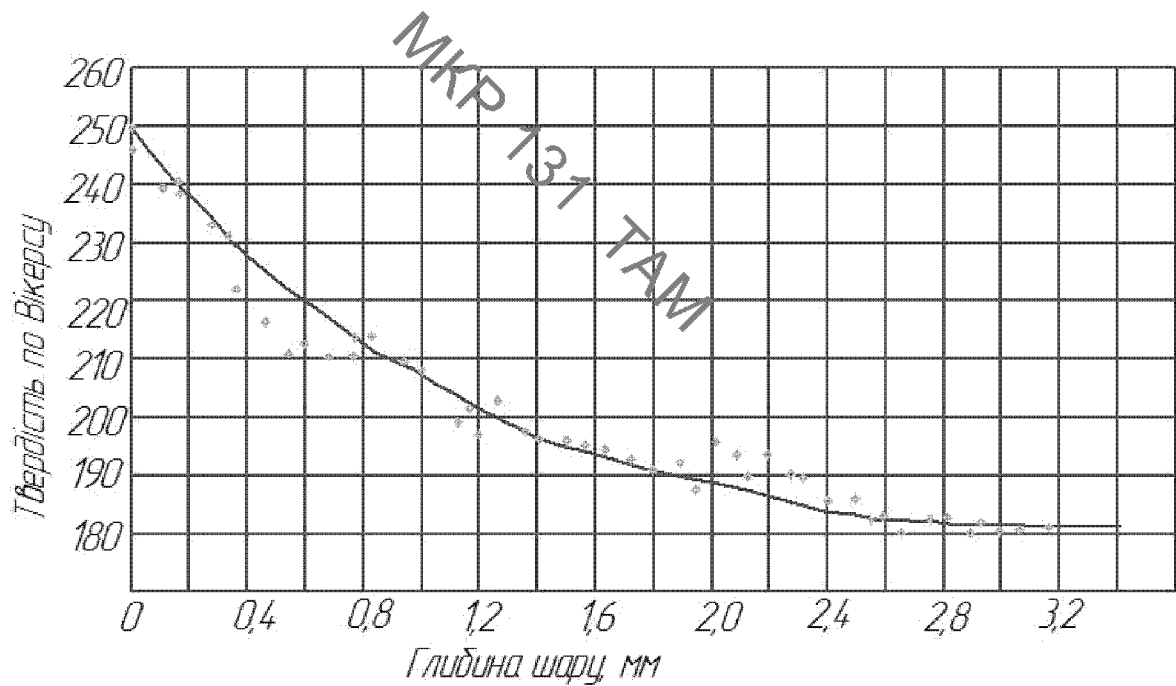


Рисунок 1.9 – Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40)

При збільшенні сили обкатки значно підвищується твердість обробленої поверхні. При збільшенні поздовжньої подачі зменшується твердість поверхні і дещо збільшується її шорсткість. При збільшенні кількості

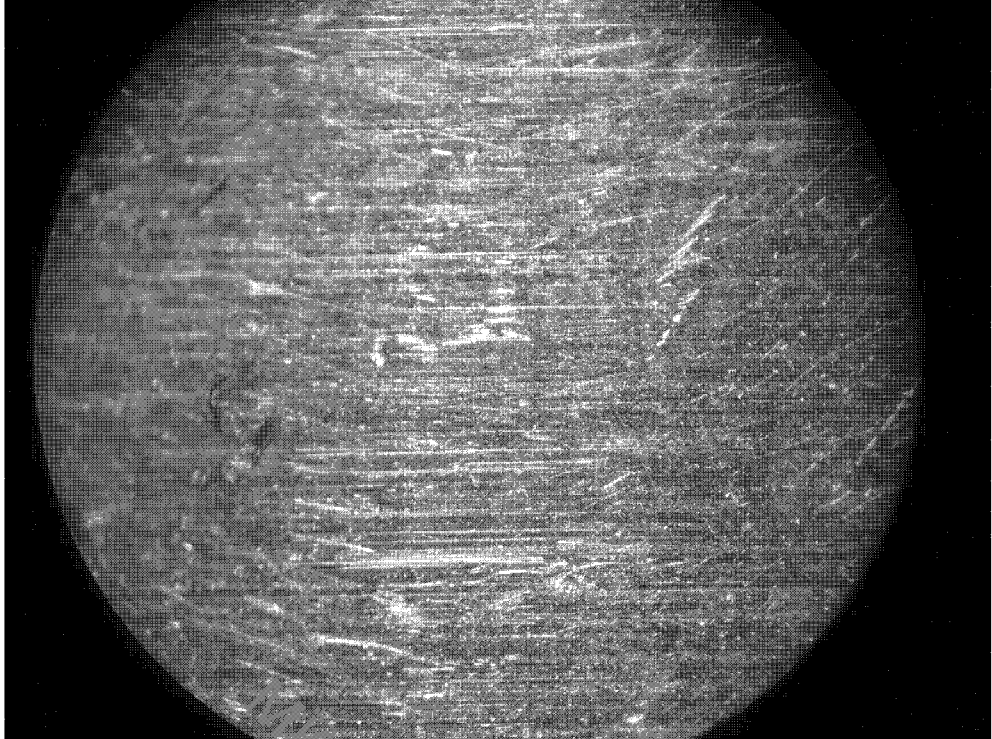


Рисунок 1.10 – Поверхня після обкочування циліндричним роликом

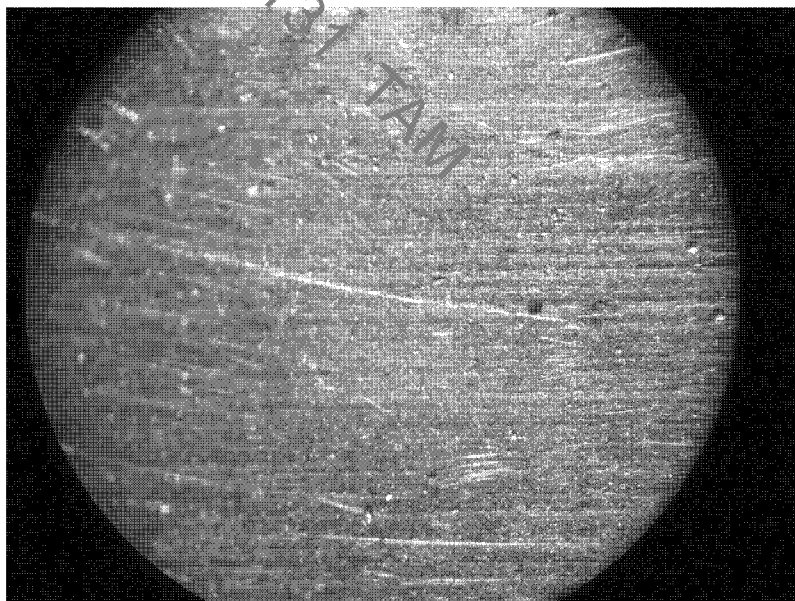


Рисунок 1.11 – Поверхня після обкочування роликом із гвинтовою робочою поверхнею

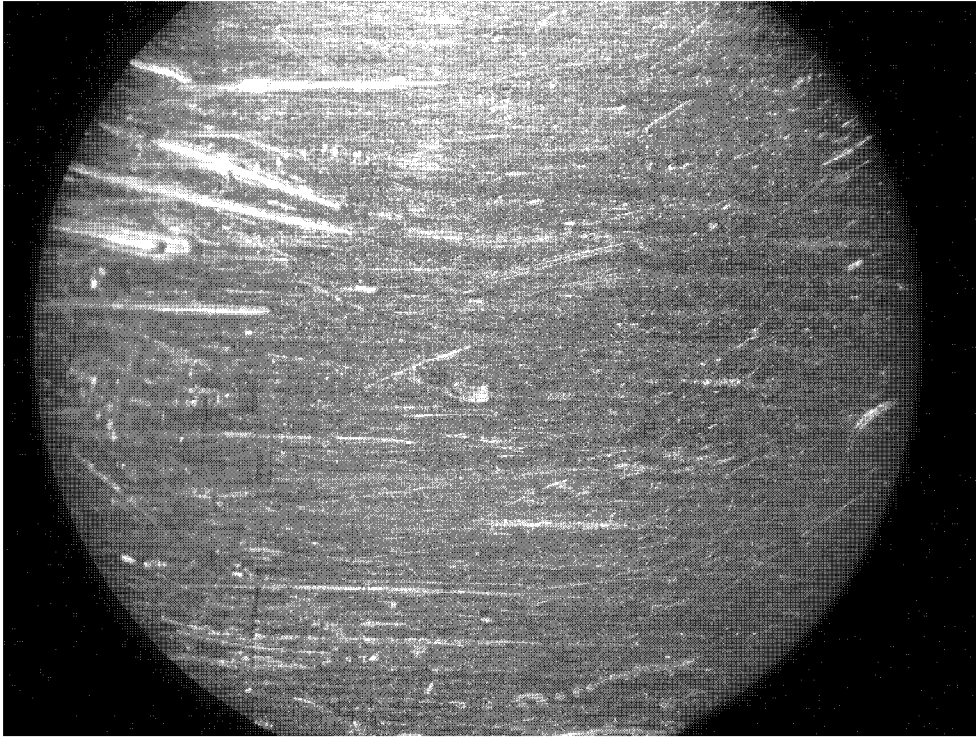


Рисунок 1.12 – Поверхня після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямках

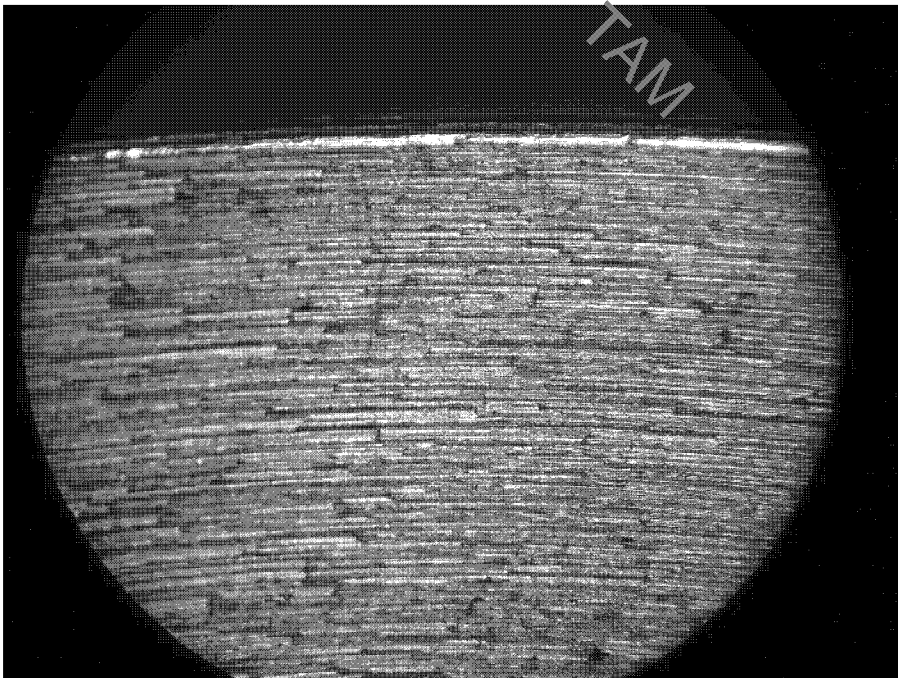


Рисунок 1.13 – Зміцневий поверхневий шар після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею

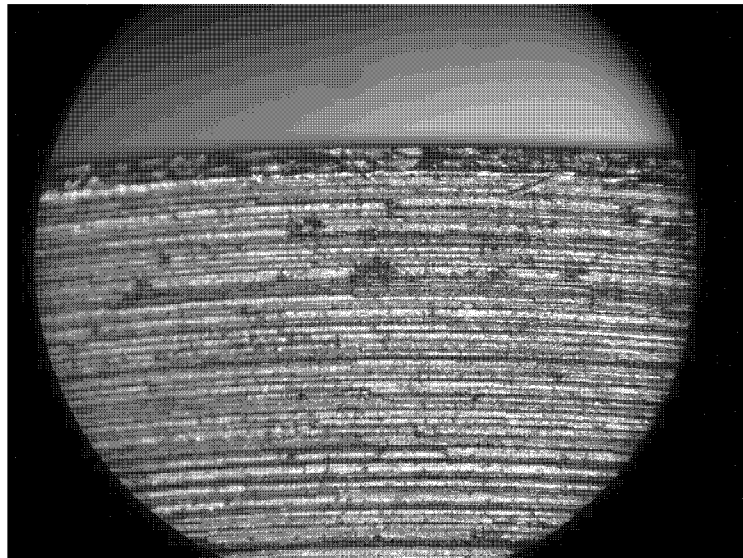


Рисунок 1.14 – Зміцневий поверхневий шарпісля обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямках

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.

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.

2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

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

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

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

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Кришка 14.25В” і занесені до таблиці 1.1, це:

- точіння торцю Ø176;
- точіння поверхні Ø154;
- розточування отвору Ø54;
- розточування отвору Ø70;
- точіння торцю Ø176;
- точіння попереднє поверхні Ø118;
- точіння остаточне поверхні Ø118.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{\text{осн}}$, наприклад для точіння поверхні $\varnothing 118$ і довжиною 12:

$$T_{\text{осн}}=0,17 \cdot 118 \cdot 6 \cdot 0,001=0,204 \text{ (хв)}$$

На цьому ж робочому місці виконується точіння торцю $\varnothing 176$, для якого основний час становить 0,573, відповідно отримаємо:

$$T_{\text{осн}}=0,204+0,573=0,777 \text{ (хв)}$$

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

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

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

Наприклад для свердління отворів отримаємо:

$$T_{\text{шт-к}}=0,777 \cdot 1,8=1,4 \text{ (хв)}$$

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

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

де $N=3500$ шт. – річна програма випуску деталі “Кришка 14.25В”;

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

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

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

Відповідно, наприклад для свердління 3 отворів необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 3500 \cdot 1,4/60 \cdot 2040 \cdot 0,75 = 0,05$$

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

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При свердління отворів він рівен 0,05.

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

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

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

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

Наприклад, при обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75/0,05 = 16,55$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв		фк	Тшт.к., хв	N	Ср	P	h з.ф.	O	
1.	Точіння торцю Ø176	0,573	0,777	1,8	1,40	3500	0,05	1	0,05	16,55	
2.	Точіння поверхні Ø154	0,204									
2.	Розточування отвору Ø54	0,223	0,355	1,8	0,64	3500	0,02	1	0,02	36,22	
4.	Розточування отвору Ø70	0,132									
3.	Точіння торцю 176	0,157	0,406	1,8	0,73	3500	0,02	1	0,02	31,67	
3.	Точіння поверхні Ø154 Попереднє	0,121									
3.	Точіння поверхні Ø154 остаточне	0,128									
	Всього	1,41			2,77			3		84,43	

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

$$\sum O_i = 16,55 + 36,22 + 31,67 = 84,43$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 3$

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

$$K_{з.о.} = 84,43 / 3 = 28,14$$

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

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;

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

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

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (1,4 + 0,64 + 0,73) / 3 = 0,92 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{952}{0.92 \cdot 0.75} = 773$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{3500}{254} = 14$$

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).

$$n = \frac{3500 \cdot 4}{254} = 55.12$$

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 56 шт

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

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

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

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

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

Таблиця 2.2 – Лінійні і діаметральні розміри

Лінійний розмір	Ø176	Ø154	Ø92	Ø5	Ø8	Ø4	Ø70	Ø88	Ø11	Ø164
Уніфікований розмір	-	-	-	4	+	+	+	-	-	-
					(6 отв)	(6 отв)				
Лінійний розмір	Ø137	74	8	14	22	12	12	1	8	1
Уніфікований розмір	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
		(2пов)						(2пов)		(2пов)
Кількість лінійних розмірів 33					Кількість уніфікованих розмірів 23					

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові			
P_l	$P_{l,y}$	P	P_y	Ш	Ш _y
33	23	5	5	7	7
$Q_{ye}=35$ $Q_e=45$				$K_y = \frac{35}{45} = 0.778$	

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

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

де T_{cp} – середній квалітет точності

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

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

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	1 (Ø70H7)	7·1=7
9	4 (Ø154, Ø118, 44-2 пов.)	9·4=36
11	3 (Ø92, Ø54, Ø88)	11·3=33
14	28	14·28=392
Всього	36	468

$$T_{cp} = \frac{468}{36} = 13 \text{ (мкм)}$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13} = 0.923$$

3 Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}}, \quad (2.13)$$

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

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

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

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3(Ø154, Ø70H7, Ø118)	4,8
3,2	3(Ø54, 74-2 пов)	9,6
12,5	30	375
Всього	36	389,4

$$Ш_{cp} = \frac{389,4}{36} = 10,82$$

$$K_T = \frac{1}{10,82} = 0,092$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_u < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Деталь містить досить зручні базові поверхні, в якості яких можуть бути використані зовнішні поверхні і отвір та торці. Задана точність поверхонь може

бути досягнута на верстатах підвищеної точності. Деталь містить ряд уніфікованих елементів.

В цілому до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори, виконані в торці деталі. Оскільки при їх свердлінні затруднений вивід стружки, що призводить до нагрівання інструменту. Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції.

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

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

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

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

Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

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

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

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

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

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

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

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

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми –

кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків.

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

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

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

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

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

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

Лиття в оболонкові форми заключається в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно

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

Враховуючи, що тип виробництва серійний обирати лиття за виплавними моделями недоцільно, оскільки це досить дорогий спосіб отримання заготовки. Оскільки маса деталі складає 0,9 кг недоцільно обирати лиття в піщано-глинисті форми, оскільки маса деталі мала для даного способу та деталь має складну конфігурацію з тонкими стінками. Тому приймаємо до розгляду лиття в кокіль та в оболонкові форми.

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

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (145 мм), тип матеріалу – кольоровий сплав:

лиття в оболонкові форми: (7-12) 10;

лиття в кокіль : (5-9) 7;

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 145 мм, найменший – 4 мм, отже, відношення – $4/145=0,027$. Відповідно для лиття в кокіль (багаторазові форми) ступінь жолоблення 4-7, приймаємо 5, для лиття в оболонкові форми (разові форми) 6-9, приймаємо 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (145 мм):

лиття в оболонкові форми: (7-13) 10;

лиття в кокіль : (5-10) 7;

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

лиття в оболонкові форми 16 мкм;

лиття в кокіль: 8 мкм.

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

лиття в оболонкові форми: (5т-12т) 9т;

лиття в кокіль : (3-10) 7т;

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

лиття в оболонкові форми: (3-6) 4;

лиття в кокіль : (2-5) 3;

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

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

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні.

Таблиця 2.5 – Параметри заготовки при литті в кокіль без піщаних стержнів

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85				Прийнято		
Клас розмірної точності	5-9				7		
Ступінь жолоблення	4-7				5		
Ступінь точності поверхонь вилівка	5-10				7		
Шорсткість поверхонь	Ra = 8 мкм						
Клас точності маси	3-10				7т		
Ряд припусків	2-5				3		
Розрахункові розміри	Ø176	Ø92	Ø54	Ø70	22	42	74
Допуски: Розмірів	1,2	1,1	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0
Форми та розміщення	0,4	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	0,5
зміщення через перекіс стержня	-	-	0,4	0,4	-	-	-
Нерівностей	0,2						
Маси	6,4%						
Загальні допуски	1,6	1,4	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1
Припуски: мінімальний	0,3						
Кількість переходів механічної обробки	1	2	2	3	2	1	2
по точності розмірів	1	2	2	3	2	1	2
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	-	2	-	-	2
Загальний припуск	1,6	1,6	1,5	1,8	1,4	1,1	1,5
Розміри заготовки	179,2	95,2	51	66,4	22,1	44,6	77

Таблиця 2.6 – Параметри заготовки при литті в оболонкові форми

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7-12	10
Ступінь жолоблення	6-9	7
Ступінь точності поверхонь вилівка	7-13	10
Шорсткість повеохонь	Ra = 16 мкм	
Клас точності маси	5т-12	9т
Ряд припусків	3-6	4

Розрахункові розміри	Ø176	Ø92	Ø54	22	74
Допуски: Розмірів	3,2	2,8	2,4	1,8	2,4
Форми та розміщення	0,64	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	1,2
зміщення через перекіс стержня	-	-	1,0	-	-
Нерівностей	0,4				
Маси	12%				
Загальні допуски	3,2	3,2	2,4	2,2	2,4
Припуски: мінімальний	0,4				
Кількість переходів механічної обробки	1	2	2	2	2
по точності розмірів	1	2	2	2	2
по точності взаємного розташування поверхонь	-	-	-	-	2
Загальний припуск	2,3	2,5	2,8	2,4	2,8
Розміри заготовки	180,6	97	48,4	22,4	79,6

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

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

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

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

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

лиття в оболонкові форми -0,4 мм;

лиття в кокіль - 0,3 мм

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

Кількість переходів для забезпечення:

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

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

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

Для АЛ9 мінімальна товщина стінки може бути прийнята 4 мм.

Після формування контуру виливка в місцях переходу від одного елемента до другого призначають радіуси заокруглень, які значною мірою визначають якість литої заготовки.

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

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

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

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

Мінімальний діаметр:

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 44 = 11,4 (\text{мм}),$$

Отже отвори $\varnothing 47$ та $\varnothing 8$ не можуть біти отримані в заготовці і підлягають в подальшому механічній обробці, а всі інші отвори виливаються. При цьому при литті в кокіль виливається ступінчастий отвір, а при литті в оболонкові форми отвір діаметром $\varnothing 54 \text{H}11$, оскільки при даному методі отримання заготовки виготовлення ступінчастого стержня вимагає великих затрат.

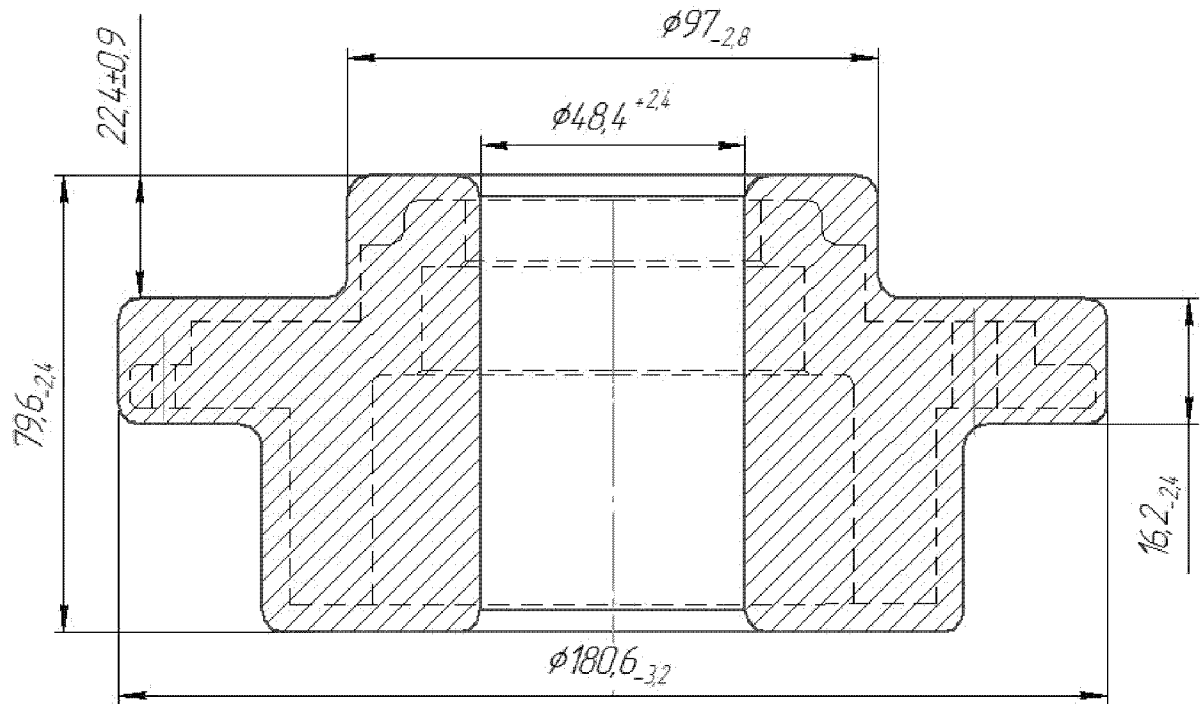


Рисунок .23.1 – Ескіз заготовки при литті в оболонковій формі

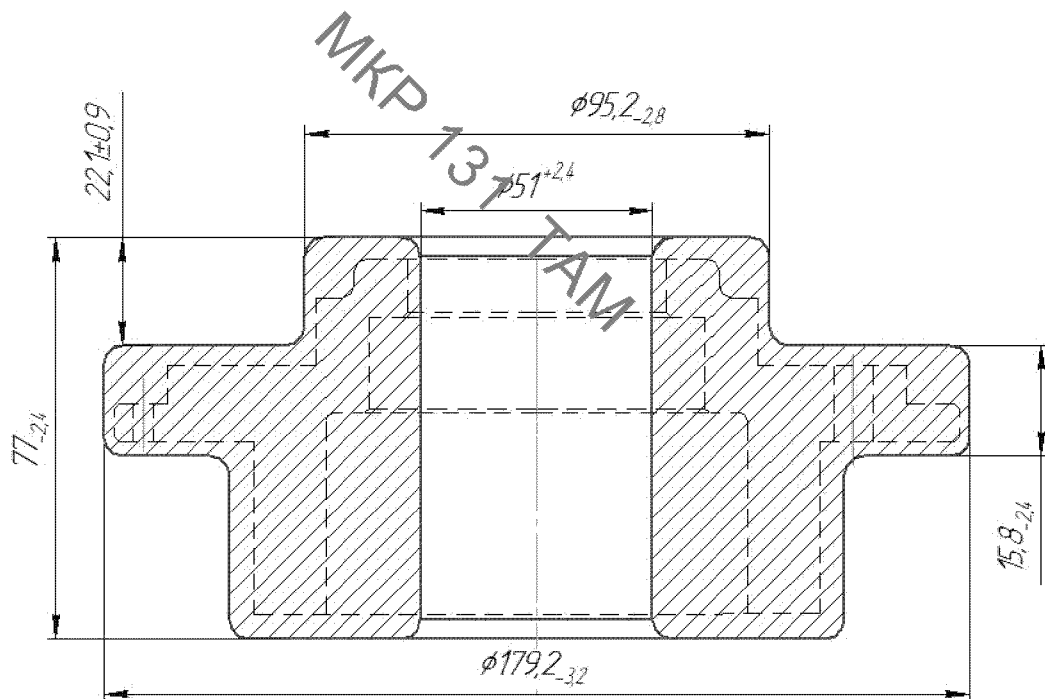


Рисунок .2.2 – Ескіз заготовки при литті в кокіль

Масу заготовок визначаємо за допомогою програми КОМПАС, відповідно з наведеними рисунками 3.3 та 3.4 вона складає 2,1 кг при литті в оболонковій формі та 1,77 при литті в кокіль

Заданные параметры	
Материал	Ал9 ГОСТ 1412-79
Плотность материала	$R_0 = 0.002750 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	Масса $M = 1,706.916436 \text{ г}$
Площадь	$S = 73837.785792 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 766151.431299 \text{ мм}^3$
Центр масс	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 17.581432 \text{ мм}$

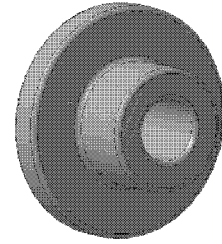


Рисунок 2.3 – Маса заготовки при литті в оболонковій формі

Заданные параметры	
Материал	Ал9 ГОСТ 1412-79
Плотность материала	$R_0 = 0.002750 \text{ г/мм}^3$
Расчетные параметры	Масса $M = 1501.950198 \text{ г}$
Площадь	$S = 72431.762144 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 644345.526513 \text{ мм}^3$
Центр масс	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = 16.441639 \text{ мм}$

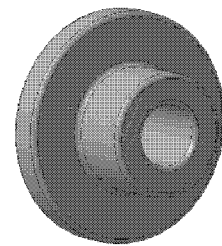


Рисунок 2.4 – Маса заготовки при литті в кокіль

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$K_{TM} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}},$$

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

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг.

Для лиття в оболонковій формі та в кокіль відповідно:

$$K_{TM} = 0,9/1,7 = 0,53$$

$$K_{TM} = 0,9/1,5 = 0,6$$

Собівартість заготовки визначається за формулою:

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

де $C_{Л}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

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

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

$$C_{заг.лит} = \frac{(1,5 \cdot 19200 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,0 \cdot 1,02 \cdot 1,15)}{1000} - \frac{(1,5 - 0,9) \cdot 1560}{1000} = 141,9 \text{ (грн)}$$

$$C_{заг.лит} = \frac{(1,7 \cdot 24400 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,08 \cdot 1,15)}{1000} - \frac{(1,7 - 0,9) \cdot 1560}{1000} = 50,27 \text{ (грн)}$$

Таблиця 2.7 – Коефіцієнти для розрахунку собівартості заготовки

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

Отже собівартість лиття в оболонкові форми менша, а оскільки кількість переходів механічної обробки менша при литті в кокіль, то необхідно врахувати собівартість розточування отвору Ø70. Вартість виконуваних додатково переходів

механічної обробки при використанні заготовки, одержаної литтям в оболонковій формі:

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

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

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

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

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

Основний час на розточування отвору:

$$T_{\text{осн}} = 0,2 \cdot 70 \cdot 32 / 0,001 = 0,448 (\text{хв.})$$

Тоді штучно-калькуляційний час і собівартість обробки:

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

$$C_{\text{обр}_1} = \frac{0,86 \cdot 2,6}{1,3} = 1,72 (\text{грн.})$$

Собівартість заготовки складатиме:

$$C_{\text{заг}} = 50,27 + 1,72 = 51,99 (\text{грн.})$$

Отже економічно доцільно використовувати лиття в оболонковій формі, при

цьому собівартість заготовки складає 51,99 грн.

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

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

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

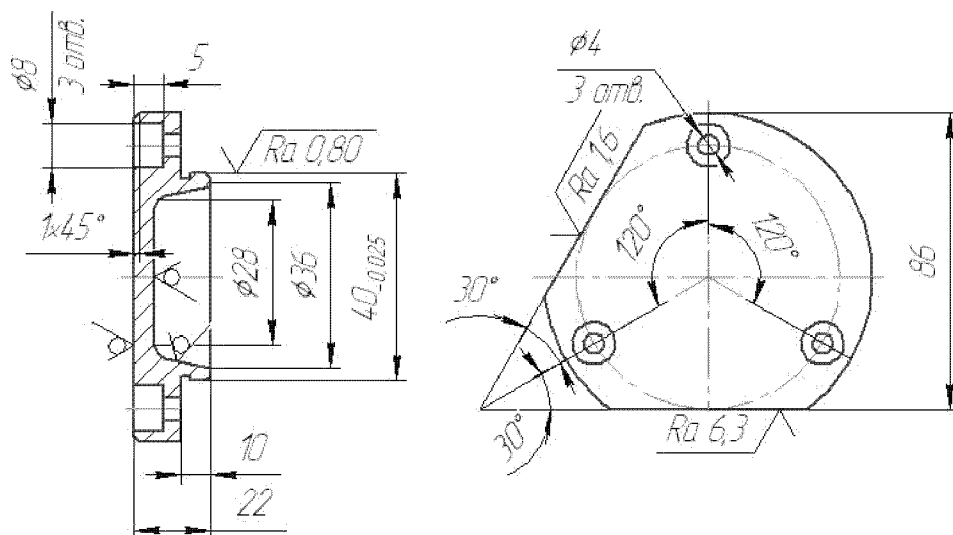


Рисунок 2.5 – Ескіз маршруту механічної обробки стакана кришки

Таблиця 2.8 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки кришки

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

Дана деталь має один кріпильний диск, який розміщені перпендикулярно до вісі центрального отвору, на яких розміщені кріпильні отвори. Центральний отвір являє собою внутрішню ступінчасту поверхню. В якості аналогів розглянемо типові технологічні маршрути механічної обробки фланця та стакана. Ці аналоги

характеризуються наявністю у їх конструкції елементів подібних за розміщенням та обробкою до деталі на яку проектується технологічний маршрут механічної обробки.

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

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

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

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

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

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_D – допуск деталі.

T_3 – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе

Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 70H7$, враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки складає 0,74:

$$\varepsilon = 0,74 / 0,022 = 24,67$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5$$

$$\varepsilon_2 = 3$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

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

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 24,67 / 5 \cdot 3 = 1.64$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 0,74 / 5 = 0,148 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,148 / 3 = 0,049 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,049 / 0,148 = 0,003 \text{ (мм)}$$

Остаточню приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (12 квалітет точності); розточування попереднє (10 квалітет точності); розточування остаточне (8 квалітет точності); шліфування або тонке розточування (7 квалітет точності)

Таблиця 2.9 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
Ø88H11	Розточування попереднє	13
	Розточування остаточне	11
Ø54 H11	Розточування попереднє	13
	Розточування остаточне	11
74 _{-0,074}	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	10

4.3 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 трикулачковий патрон.

Таблиця 2.10– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова	Ø70, Ø8, Ø118, Ø8, Ø4, Ø176	відсутня	Діаметральний розмір
	44, допуск співвідносі і радіального биття відносно бази А	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	12, 12	відсутня	Обробка з одного установа

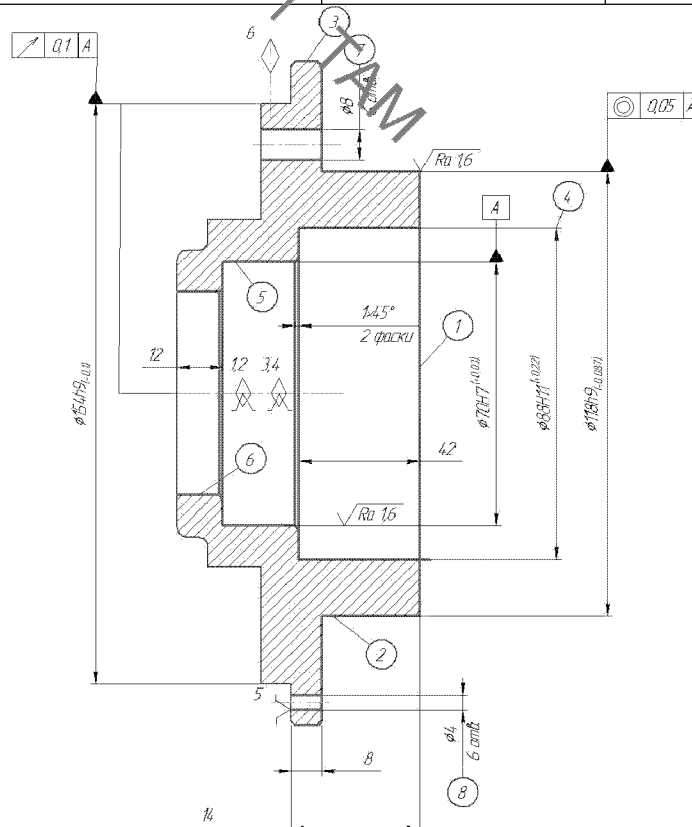


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010

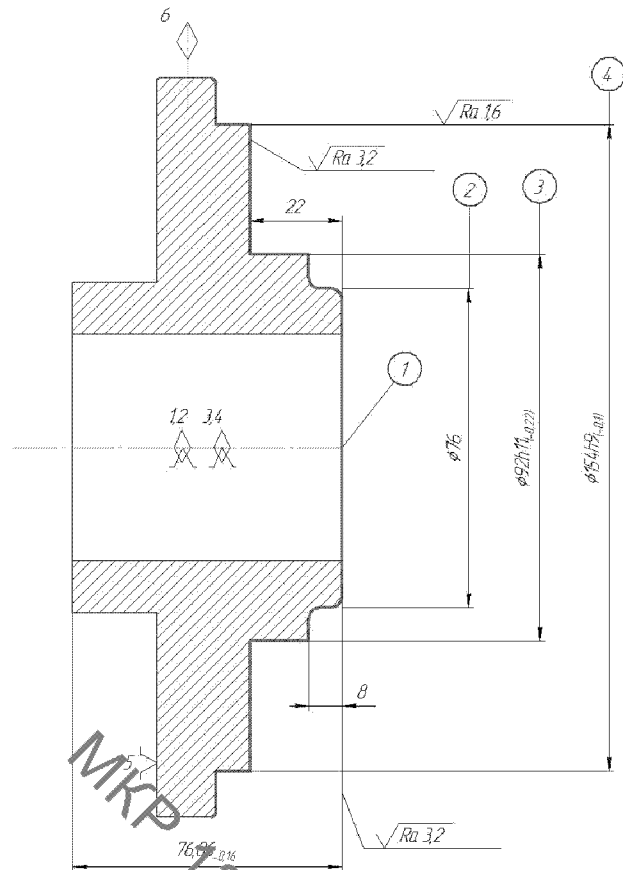


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази

Таблиця 2.11 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова	Ø154, Ø92, Ø76	відсутня	Діаметральний розмір
	14	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	8, 22	відсутня	Обробка з одного установка

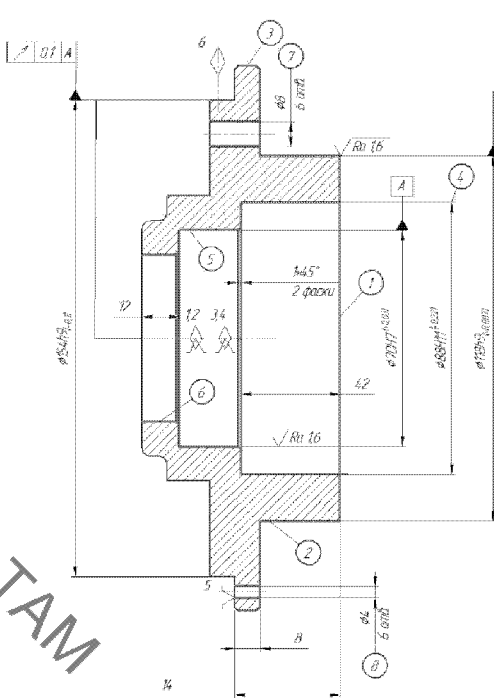
В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в трикулачковому патроні. Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із торця і циліндричної поверхні, які використовуються в якості технологічних баз.

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

Таблица 2.12 - Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема установки	Верстат
1	2	3	4
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити</p> <p>2 Точити торець 1 попередньо, 2 одноразово, 3 та 4 ппередньо</p> <p>3 Точити торець 1 та поверхню3 остаточно, поверхню 4 попередньо</p> <p>4 Точити поверхню 4 остаточно</p> <p>5 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний ПП420ПФ30

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
010	<p>Комбінована</p> <p>1 Встановити і закріпити</p> <p>2 Точити попередньо торець 1, поверхню 2, одноразово поверхню 3</p> <p>3 Точити остаточно торець 1, попередньо поверхню 2</p> <p>3 Точити остаточно поверхню 2</p> <p>4 Розточити попередньо отвори 4,5,6</p> <p>5 Розточити остаточно отвір 4, фаску і попередньо отвір 5, фаску та остаточно отвір 6</p> <p>6 Розточити остаточно отвір 6</p> <p>7 Центрувати 6 отворів 7 та 6 отворів 8</p> <p>8 Свердли 6 отворів 7</p> <p>9 Свердли 6 отворів 8</p> <p>10 Зняти заготовку</p>		Багатоцільовий токарний напівавтомат 1П420ПФ40

2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

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

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

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

Таблиця 2.13- Попередні значення допусків

Технологічні розміри	Z_1	Z_2	B_1	B_2	B_3	B_4
Допуск, мм	1,0	0,84	0,25	0,16	0,36	0,52
Технологічні розміри	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
Допуск, мм	0,1	0,062	0,43	0,36	0,43	0,43

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

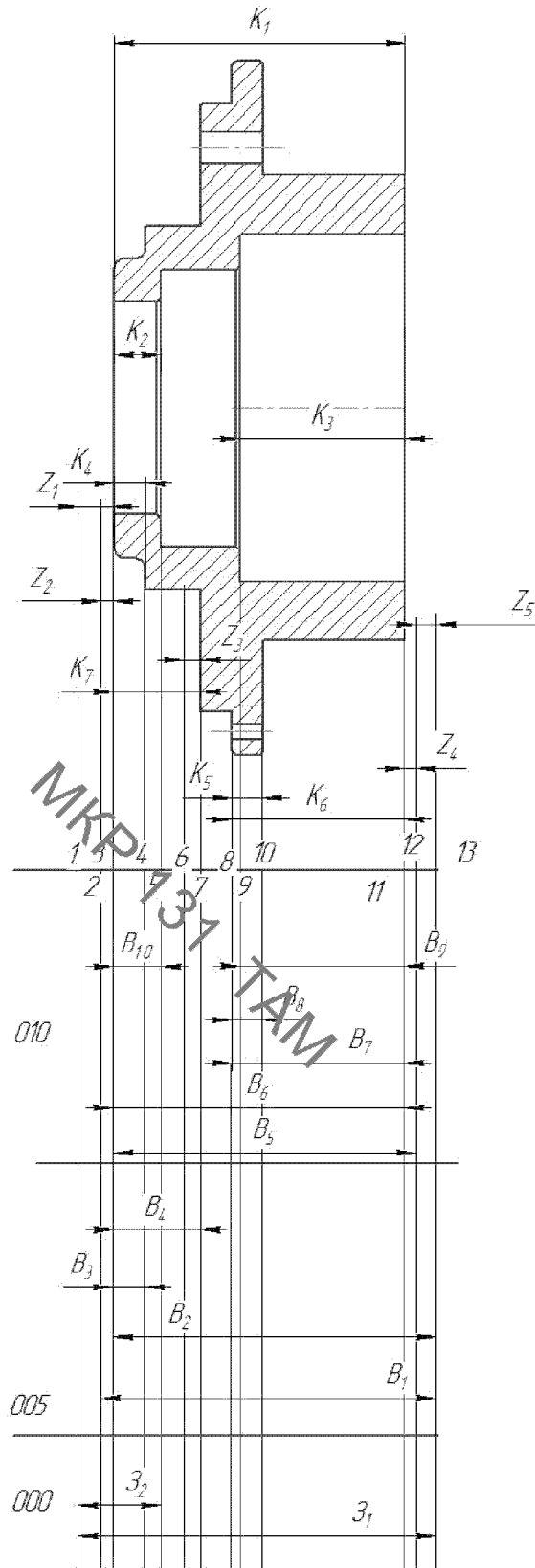


Рисунок 2.8 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну

структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

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

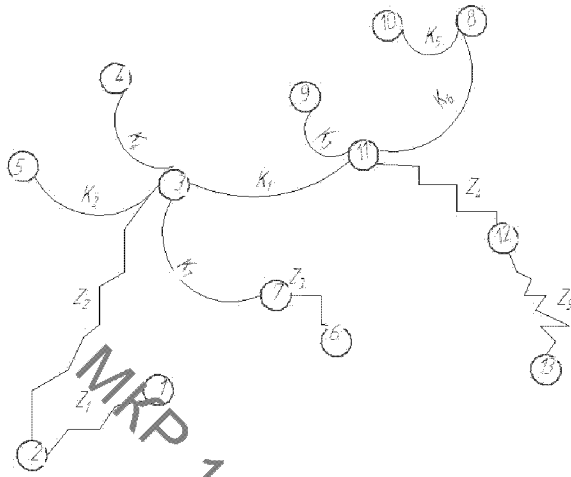


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

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

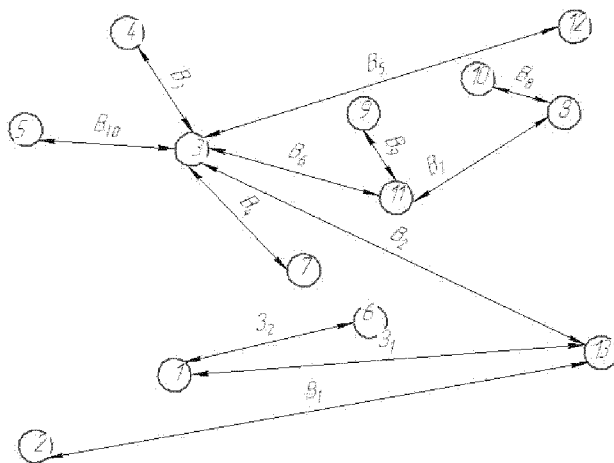


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

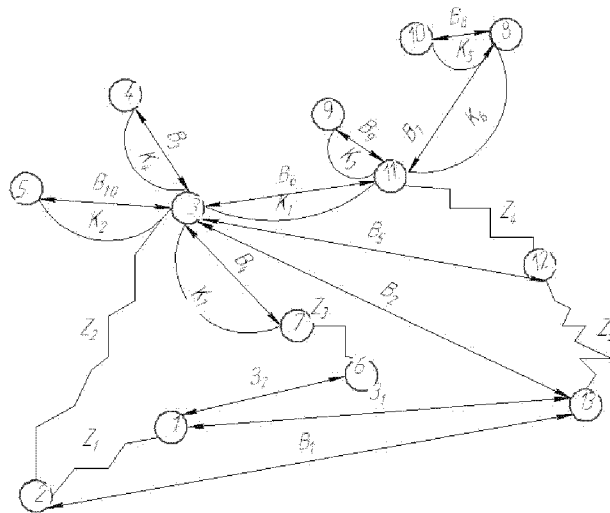


Рисунок 2.11 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_{\min}	1,2	0,6	0,8	0,6	1,2

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 2.15

Таблиця 2.15 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_{10} - K_2 = 0$	$B_{10} = K_2$	B_{10}
2	$B_9 - K_3 = 0$	$B_9 = K_3$	B_9
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
4	$B_7 - K_6 = 0$	$B_7 = K_6$	B_7
5	$K_5 - B_8 = 0$	$B_8 = K_5$	B_8

6	$K_7 - B_4 = 0$	$B_4 = K_7$	B_4
7	$K_4 - B_3 = 0$	$B_3 = K_4$	B_3
8	$Z_4 + B_6 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_5 - B_6$	B_5
9	$Z_5 + B_5 - B_2 = 0$	$Z_5 = B_2 - B_5$	B_2
10	$Z_2 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
11	$3_2 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = 3_2 - B_1$	3_2
12	$3_1 - B_4 - Z_2 - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_4 + Z_2 + Z_1 - 3_1$	3_1

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

$$B_{10} = K_2 = 12_{\pm 0,215}(\text{мм})$$

$$B_9 = K_3 = 42_{\pm 0,215}(\text{мм})$$

$$B_6 = K_1 = 74_{-0,062}(\text{мм})$$

$$B_7 = K_6 = 14_{-0,43}(\text{мм})$$

$$B_8 = K_5 = 8_{-0,36}(\text{мм})$$

$$B_4 = K_7 = 22_{\pm 0,26}(\text{мм})$$

$$B_3 = K_4 = 8_{\pm 0,18}(\text{мм})$$

$$Z_{4 \min} = B_{5 \min} - B_{6 \max}[\text{мм}]$$

$$B_{5 \min} = 0,6 + 74 = 74,6(\text{мм})$$

$$B_{5 \max} = 74,6 + 0,1 = 74,7(\text{мм})$$

$$B_5 = 74,7_{-0,1}(\text{мм})$$

$$Z_{4 \max} = B_{2 \max} - K_{2 \min} = 74,7 - 73,938 = 0,762(\text{мм})$$

$$Z_{5 \min} = B_{2 \min} - B_{5 \max}[\text{мм}]$$

$$B_{2 \min} = 1,2 + 74,7 = 75,9(\text{мм})$$

$$B_{2 \max} = 75,9 + 0,16 = 76,06(\text{мм})$$

$$B_2 = 76,06_{-0,16}(\text{мм})$$

$$Z_{5 \max} = 76,06 - 74,6 = 1,46(\text{мм})$$

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

$$B_{1\min} = 0,6 + 76,06 = 76,66 \text{ (мм)}$$

$$B_{1\max} = 76,66 + 0,25 = 76,91 \text{ (мм)}$$

$$B_1 = 76,91_{-0,25} \text{ (мм)}$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 76,91 - 75,9 = 1,01 \text{ (мм)}$$

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

$$Z_{1\min} = 1,2 + 76,91 = 78,11 \text{ (мм)}$$

$$Z_{1\max} = 78,11 + 1,0 = 79,11 \text{ (мм)}$$

$$Z_1 = 79,11_{-1,0} \text{ (мм)}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 79,11 - 76,66 = 2,45 \text{ (мм)}$$

$$Z_{3\min} = B_{4\min} - Z_{2\max} + Z_{2\min} + Z_{1\min} \text{ [мм]}$$

$$Z_{3\min} = 21,74 + 0,6 + 1,2 + 0,8 = 24,34 \text{ (мм)}$$

$$Z_{3\min} = 24,34 - 0,84 = 23,5 \text{ (мм)}$$

$$Z_2 = 23,5_{-0,84} \text{ (мм)}$$

$$Z_{3\max} = B_{4\max} - Z_{2\min} + Z_{2\max} + Z_{1\max} \text{ [мм]}$$

$$Z_{3\max} = 22,26 + 1,01 + 2,45 - 23,5 = 2,22 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.16 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	1,2	2,45
Z_2	0,6	1,01
Z_3	0,8	2,22
Z_4	0,6	0,762
Z_5	1,2	1,46

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

Таблиця 2.17 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
1	2	3	4	5	6	7
Z_1	78,11	79,11	1,0	79,11		$79,11_{-1,0}$
Z_2	23,5	24,34	0,84	23,92		$23,92_{\pm 0,42}$
B_1	76,66	76,91	0,25	76,91	$76,91_{-0,25}$	
B_2	75,9	76,06	0,16	76,06	$76,06_{-0,16}$	
B_3	7,82	8,18	0,36	8	$8_{\pm 0,18}$	
B_4	21,74	22,26	0,52	22	$22_{\pm 0,26}$	
B_5	74,6	74,7	0,1	74,7	$74,7_{-0,1}$	
B_6	73,938	74	0,062	74	$74_{-0,062}$	
B_7	13,57	14	0,43	14	$14_{-0,43}$	
B_8	7,64	8	0,36	8	$8_{-0,36}$	
B_9	41,785	42,215	0,43	12	$42_{\pm 0,215}$	
B_{10}	11,785	12,215	0,43	12	$12_{\pm 0,215}$	

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 $R_z=200$ мкм $T=300$ мкм. При попередньому точінні приймаємо $R_z=T=50$ мкм, а на наступному переході відповідно 30 мкм, при чистовому точінні – $R_z=20$ мкм, $T=25$ мкм, при тонкому точінні - $R_z=10$ мкм, $T=15$ мкм.

Жолоблення слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} \quad [\text{мкм}] \quad (2.19)$$

де Δ_k - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 70)^2 + (0,7 \cdot 120)^2} = 70,5 \text{ (мкм);}$$

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру $\varnothing 71$ (0,3).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{70,5^2 + 30^2} = 76,6 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad [\text{мкм}] \quad (2.20)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 76,6 = 4,6 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 4,6 = 0,18 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]} \quad (2.21)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення, що при установці з пневматичним затиском складає 300 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 300 \text{ (мкм)}$$

При повторному попередньому точінні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ (мкм)}$$

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

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]} \quad (2.22)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + \sqrt{76.6^2 + 300^2}) = 2 \cdot 460 \text{ (мкм)}$$

попереднє точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{4.6^2 + 15^2}) = 2 \cdot 115 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2\min}=2(30+30)=2\cdot60 \text{ (мкм)}$$

Тонке точіння:

$$2Z_{2\min}=2(10+20)=2\cdot30 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=70,03 \text{ (мм)}$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1=70,03-2\cdot0,03=69,97 \text{ (мм)}$$

Для попереднього точіння:

$$d_2=69,97+2\cdot0,06=69,85 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_3=69,85+2\cdot0,115=69,62 \text{ (мм)}$$

для заготовки

$$d_4 = 69,62 + 2 \cdot 0,46 = 68,7 \text{ (мм)}$$

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

Для тонкого точіння допуск рівен – 30 мкм (7 квалітет), для чистового точіння, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 46 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 120 і 300 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 740 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.

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.

Таблиця 2.18 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 70$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε	$2Z_{\min}$	d_p	δ	d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150		76,6			68,7	0,74	67,96	68,7		
Точіння попереднє	50	50	4,6	300	2·460	69,62	0,3	69,32	69,62	0,92	1,36
Точіння попереднє	30	30		15	2·115	69,85	0,12	69,73	69,85	0,23	0,41
Точіння остаточне	10	20			2·60	69,97	0,046	69,924	69,97	0,12	0,194
Точіння тонке	5	15			2·30	70,03	0,03	70	70,03	0,06	0,076
Загальний припуск										1,33	2,04

Отже, для тонкого точіння:

$$2Z_{\min 5} = 70 - 69,924 = 0,076 \text{ мм} = 76 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 5} = 70,03 - 69,97 = 0,06 \text{ мм} = 60 (\text{мкм})$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 4} = 69,924 - 69,73 = 0,194 \text{ мм} = 194 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 4} = 69,97 - 69,85 = 0,12 \text{ мм} = 120 (\text{мкм})$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 3} = 69,73 - 69,32 = 0,41 \text{ мм} = 410 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 3} = 69,85 - 69,62 = 0,23 \text{ мм} = 230 (\text{мкм})$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 69,32 - 67,96 = 1,36 \text{ мм} = 1360 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 2} = 69,62 - 68,7 = 0,92 \text{ мм} = 920 (\text{мкм})$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.10
Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 1360 - 920 = 440 (\text{мкм})$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 740 - 300 = 440 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 410 - 230 = 180 (\text{мкм})$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 300 - 120 = 180 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 194 - 120 = 74 (\text{мкм})$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 120 - 46 = 74 (\text{мкм})$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 76 - 60 = 16 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_5 - \delta_6 = 46 - 30 = 16 \text{ (мкм)}$$

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 настроювання 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 машинобудуванні 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 2.19

Таблиця 2.19- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø118h9	Точіння попереднє	1	Ø116,8
	Точіння остаточне	0,6	Ø118
Ø45H11	Розточування 1	1	Ø45
Ø154h9	Точіння попереднє	1	Ø152,8
	Точіння остаточне	0,6	Ø154

2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

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

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання переходу розточування отвору Ø50.

На даній операції виконується розточування отвору 1. При цьому знімаються припуск 0,5 мм.

При цьому згідно [23] рекомендована подача складає $S_{от1}=0,5$ мм/об.

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо

комплекс коефіцієнтів:

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові T14K8) $K_{SU}=1,15$;

Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1,1$

Коефіцієнт, що залежить від виду інструменту $K_{SG}=0,95$;

Коефіцієнт, що залежить від міцності ріжучої частини інструменту, а саме від його товщини, що згідно рекомендацій прийнята рівною 4 мм $K_{sh}=1$;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=0,9$;

Коефіцієнт, що враховує схему установки (в трьохкулачковому самоцентруючому патроні) $K_{sy}=1,2$;

Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=1$;

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри інструменту $K_{S\phi}=1$;

Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{Sj}=0,75$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1,1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75=0,84337$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,5 \cdot 0,84337=0,421 \text{ (мм/об);}$$

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

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові T14K8) $K_{SU}=0,95$;

Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1$;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$;

Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=0,85$;

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{S\varphi}=1$;

Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,95$.

Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі $K_{SD}=0,8$.

Загальний коефіцієнт становить:

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

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o3}=0,74 \cdot 0,77=0,567 \text{ (мм/об)};$$

$$S_{o4}=0,55 \cdot 0,767=0,421 \text{ (мм/об)}$$

Для чистового розточування поправочні коефіцієнти складають:

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1$;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$

Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця $K_{sr}=0,8$;

Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані $K_{S\varphi K}=0,95$;

Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{SI}=0,9$.

Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі $K_{SK}=1$.

Загальний коефіцієнт становить:

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

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o5}=0,4 \cdot 0,8208=0,328 \text{ (мм/об)};$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає $V_{тр11}=108 \text{ м/хв}$;

При цьому потужність складає $P_1=5$ кВт.

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

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

Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу $K_{vc}=1$;

Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{vj}=0,75$;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{vm}=1,3$;

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

Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{vt}=1,1$;

Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{vj}=0,75$

Коефіцієнт, що враховує вид обробки для розточування отвору: $K_{vo}=1,2$.

Загальний коефіцієнт складає:

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

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{трізі}}=108 \cdot 0,7641=82,5 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]} \quad (2.23)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_1=1000 \cdot 82,5 / 3,14 \cdot 50=138,28 \text{ (об/хв)};$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання $n_1=138$ об/хв..

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв]} \quad (2.24)$$

В даному випадкові отримуємо:

$$S_{M1} = 138 \cdot 1,067 = 147,246 \text{ (мм/хв)};$$

Аналогічно проводяться розрахунки на інші переходи механічної обробки. Отримані результати заносимо до таблиці 2.19

Таблиця 2.19 - Режими різання на операції 010

Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання, м/хв	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання	Хвилинна подача
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Операція 005								
2 Точити торець 1 попередньо, 2 одноразово, 3 та 4 попередньо	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
3 Точити торець 1 та поверхню 3 остаточно, поверхню 4 попередньо	1,8	0,86	0,88	122	94	144	5,6	143
4 Точити поверхню 4 остаточно	1,2	0,77	0,62	142	108	152	6,2	136,1

Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Операція 010								
2 Точити попередньо торець 1, поверхню 2, одноразово поверхню 3	2,2	0,97	1,067	108	82,5	138	5	147,2
3 Точити остаточно торець 1, попередньо поверхню 2	1,8	0,86	0,88	122	94	144	5,6	143
3 Точити остаточно поверхню 2	1,2	0,77	0,62	142	108	152	6,2	136,1
4 Розточити попередньо отвори 4,5,6	2,2	0,74	0,567	138	105,5	176	3,7	99,79
5 Розточити остаточно отвір 4, фаску і попередньо отвір 5, фаску та остаточно отвір 6	1,8	0,74	0,52	142	108	180	3,5	89,79
6 Розточити остаточно отвір 6	1,1	0,55	0,421	148	113,1	189	3,4	79,57
7 Центрувати 6 отворів 7 та 6 отворів 8	1,5	0,13	0,13	27,5	23,375	39	0,2	509
8 Свердлити 6 отворів 7	4	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675
9 Свердлити 6 отворів 8	2	0,42	0,42	25,2	21,42	36	1,34	3675

2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

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

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.25)$$

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

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}} [\text{хв}] \quad (2.26)$$

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

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} [\text{хв}], \quad (2.27)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні; l_1 – довжина підводу; l_2 – довжина врізання; l_3 – довжина перебігу; $S_{\text{м}}$ – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів $\varnothing 8$ 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 складатиме 0,9 хв.

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

$$T_{ц.а.}=(1,19+0,26)+(0,1+0,3+0,2+0,2)=2,25 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час T_B складається із:

$$T_B=T_{вуст}+T_{воп}+T_{ввим} \quad [\text{хв}] \quad (2.28)$$

$T_{вуст}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,12хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,18 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,1 хв.

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

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

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{ввим}=0,023 \cdot 2=0,046 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_B=0,12+0,28+0,046=0,446 \text{ (хв.)}.$$

Таблиця 2.20 - Основний час автоматичної роботи верстату для обробки отворів Ø8

Перехід механічної обробки	Довжина оброблюваної поверхні, мм	Довжина підводу інструменту, мм	Довжина врізання інструменту, мм	Довжина перебігу інструменту, мм	Хвилинна подача, мм/хв	Основний час, хв
Центрування отворів Ø5	5	5	3	-	439,4	0,05
Свердління отворів Ø8	16	5	7,5	-	135,25	0,21
Всього						0,26

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.29)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (2,25 + 0,446)(1 + 9/100) = 2,93 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.24.

Таблиця 2.21 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	0,471	0,61
010	2,25	2,93

2.11 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

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

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.30)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (2.31)$$

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

Для деталі корпус 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{0.79}{0.9}} = 0.9148$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (2.32)$$

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

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{3500}{4500}\right)^{0.15} = 0,961$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (2.33)$$

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

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

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{12,2}{13}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{11}{10,82}\right)^{\alpha_2} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,94 \cdot 0,9148 \cdot 0,961 = 0,828$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 2.22 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Кришка	0,9	3500	1	1	1	1	3500
Кришка 1	0,79	4500	0,91	0,94	0,963	0,828	3727
Кришка 2	0,86	5600	0,966	0,891	0,931	0,802	4494
Кришка 3	0,81	6500	0,932	0,9	0,911	0,764	4970
Кришка 4	0,7	7250	0,84	0,89	0,896	0,673	4881
Кришка 5	0,79	6000	0,914	0,88	0,922	0,742	4455
Кришка 6	0,77	6400	0,825	0,87	0,913	0,656	4198
Кришка 7	0,63	7200	0,788	0,8	0,897	0,566	4075
Кришка 8	0,68	6500	0,825	0,92	0,911	0,692	4499
Всього						38799	

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

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (2.34)$$

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

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

m – кількість робочих змін

Враховуючи проведенне раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

На операціях 005 трудомісткість виконання робіт складатиме:

$$T_{\text{пр}} = \frac{0.61 \cdot 38799}{60} = 394 \text{ (год)}$$

Для операції 010 трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{2.93 \cdot 38799}{60} = 1894 \text{ (год)}$$

Отже кількість верстатів 1П420ПФ30 складає:

$$C_p = \frac{394}{2040} = 0.193$$

Верстатів 1П420ПФ40:

$$C_p = \frac{1894}{2040} = 0,928$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

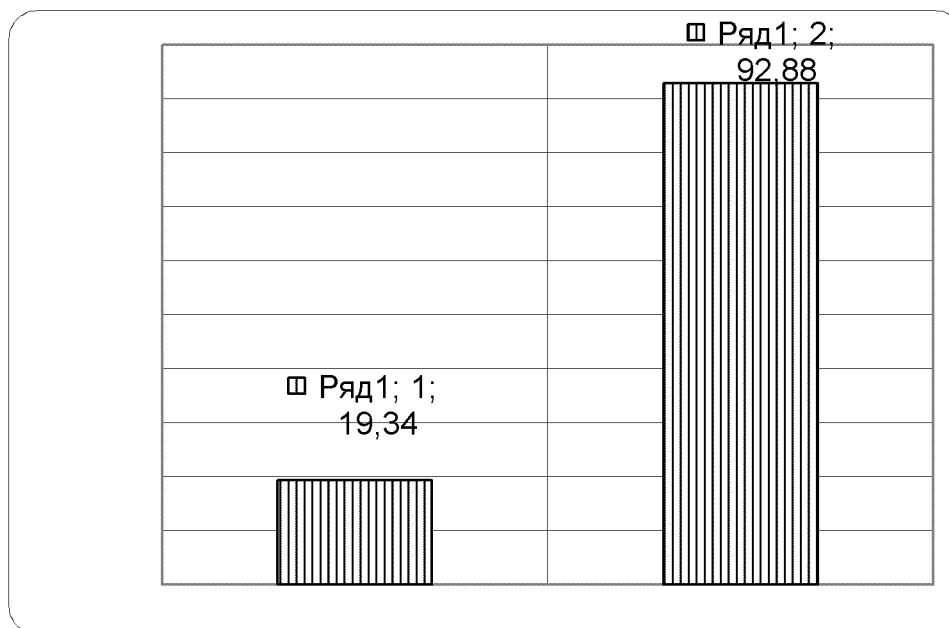


Рисунок 2.13 – Графік завантаження обладнання

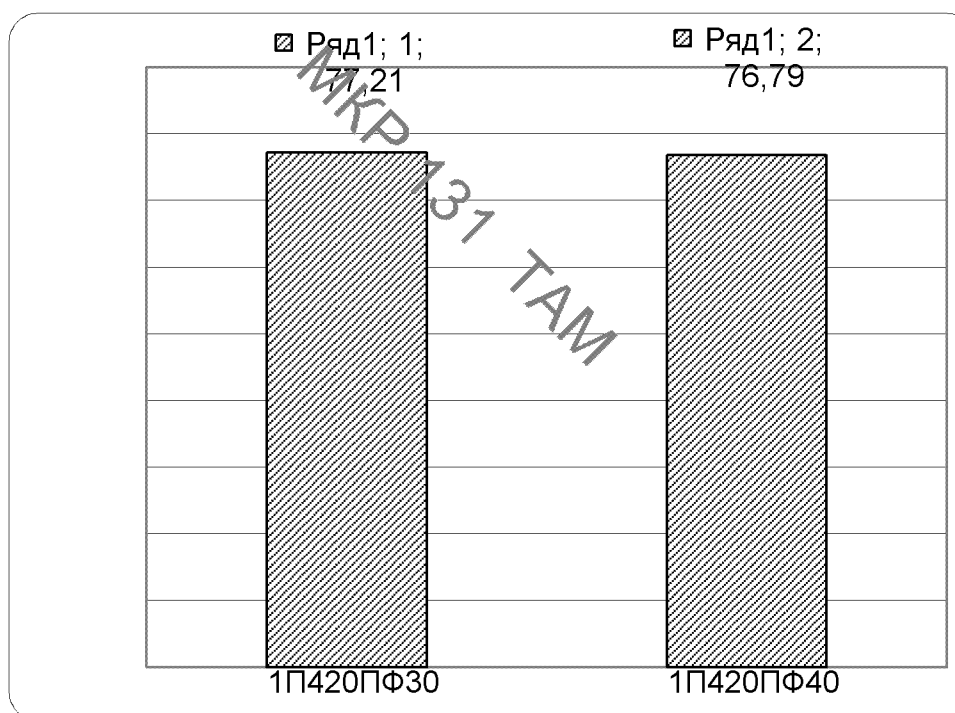


Рисунок 2.14 – Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 2.23 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Багатоцільова	0,193	1	0,193	0,5611	0,7721
010	Багатоцільова	0,928	1	0,928		0,7679

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці 5.2.

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

$$P = C_{пр} \cdot \Phi_d \cdot K_z / \Phi_v \cdot K_m \quad (2.35)$$

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

Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

K_m – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,928 / 1 \cdot 1840 = 0,99$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

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

Таблиця 2.24 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{дб}$ год	$K_з$	$K_м$	$P,$ чол	$P_{пр},$ чол
Багатоцільовий	1		0,193	1	0,21	1
Багатоцільовий	1	1840	0,928	1	0,99	1

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

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -3 чол.

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

$$P_{др}=(0,2...0,25) \cdot 3=0,6...0,75$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

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

$$P_{ІТР}=(0,15...0,21) \cdot 3=0,54...0,72$$

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:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 3=0,066$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (3+1+1+1)=0,12$$

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

Таблиця 2.25 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		3
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	15...21%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 6 металорізальних верстатів, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

В магістерській роботі розглядається процес фрезерування із одночасним обкочуванням поверхні. Це дозволяє збільшити твердість, зменшити шорсткість отриманої поверхні.

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.

Таблиця 3.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
	1	2	3
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 ₁ =32	СБ ₂ =31	СБ ₃ =32
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$=(32+31+32)/3=32$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Кришка 14.25В», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту пневматичних систем. 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 виробів з пневматичними системами і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 36800.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 36800 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $\Pi_{\text{п}}=70\%$;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_{\text{п}}=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$\Pi_i = \Pi \cdot \Pi_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] \quad (3.1)$$

$$\Pi_i = 36800 \cdot 80 / 100 = 29440 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$\text{ОП} = 29440 / 4 = 7360 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$\text{ПП} = 7360 \cdot 0,8 = 5888 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$РП=(7360+5888)/2=6624 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки в нашій країні досить багато виробів, що використовують пневматичні системи. 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 важелі, які спочатку фрезеруються, а потім піддаються поверхневому зміцненню. що призводить до здорожчання, оскільки

збільшуються затрати часу. 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 нижчий ніж незміцнених.

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:

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

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

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

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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.

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

Основна заробітна плата робітників Z_p , розраховується за формулою 5.6.

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

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 ($M_n=6000$ 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.

$$C_4 = 6000 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 43,47 \text{ (грн./год.)}$$

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	0,2745	2	122,32	33,58
Фрезерна з ЧПК	0,0027	2	122,32	0,33
Всього				33,91

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

$$Z_p = 33,91 \cdot 6624 = 224600,66 \text{ (грн.)}$$

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:

$$Z_d = 0,12 \cdot (24545,45 + 224600,66) = 27406,07 \text{ (грн.)}$$

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

$$(24545,45+224600,66+17406,07) \cdot 0,22 = 60741,48 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$$I = \sum_{j=1}^n N_j \cdot c_j \cdot k_j \text{ [грн.]}$$

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 $K_i = 1,1 \dots 1,5$.

Таблиця 3.9 – Амортизаційні відрахування

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

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

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

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

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

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

А для всієї партії:

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

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45	12	3,12	0,18	4	40,46

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року $V = 3,38$ грн./кВт.

$П$ – установлена потужність обладнання, 10 кВт;

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

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

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Багатоцільовий	10	0,2745	7,25
Фтокарний з ЧПК	10	0,0027	0,07
Всього			7,32

А для всієї партії:

$$7,32 \cdot 6624 = 48474,96 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{\text{ін}} = (1 \dots 3) (3_o + 3_p) \quad (3.10)$$

$$V_{\text{ін}} = 2 \cdot (24545,45 + 224600,66) = 498292,2 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B=24545,45+224600,66+2746,07+60841,48+281405,00+268033,54+48474,96+498292,2=1\,433\,599,38(\text{грн})$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}}=1\,433\,599,38/0,95=1\,509\,051,98 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ=B_{\text{заг}}/\beta \quad (3.12)$$

де β – 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:

$$ЗВ=1\,509\,051,98 /0,9=1\,676\,724,43 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання важеля з використанням методів швидкісного фрезерування складають 1 676, 7 тис грн.

3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 6624 шт.. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дорожче, тобто на 600 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

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

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 6624 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 6000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 5500 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 5000 шт.

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

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (3.13)$$

де C_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $C_0 = 600$ грн;

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

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

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

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

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

$$\Delta\Pi_1 = (600 \cdot 6624) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 67893284 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (600 \cdot 6000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 61497540 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (600 \cdot 5500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 563727,45 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (600 \cdot 5000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 5124795 \text{ (грн.)}$$

3.9 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (3.14)$$

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

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

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

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

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

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

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

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

$$ПП = \frac{678932,84}{(1+0.1)^2} + \frac{614975,4}{(1+0.1)^3} + \frac{563727,45}{(1+0.1)^4} + \frac{512479,5}{(1+0.1)^5} = 1726384,53 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 1\,726\,384,53 - 1\,676\,724,43 = 49\,660,1 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 49/1676} - 1 = 0,4246 = 42,46\%$$

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

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

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

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,2)$, 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 $E_B = 45,8\% > \tau_{\text{мін}} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{OK}=1/E_B$$

$$T_{OK}=1/0,4246=2,35$$

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

3.10 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 (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях. У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства та організації.

Охорона праці – проблема складна і багатогранна. У сучасній науці підкреслюється багатоаспектність охорони праці, яка сприймається водночас як соціальне та економічне явище, яке важливе для забезпечення гармонійного розвитку кожного працівника, процвітання суспільства і держави.

Під час виконання дослідження на тему «Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 14.25В» з використанням CALS-технологій» на працівника, згідно ГОСТ 12.0.003-74, могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискість; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до цього розробляємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

При механічній обробці металів різанням виникає ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів: рухомі частини виробничого обладнання, ріжучі інструменти, пристосування для закріплення оброблюваної деталі, оброблювана деталь, висока

температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту, стружка, пил і шкідливі аерозолі оброблюваних матеріалів, підвищена напруга або статична електрика, шум та вібрація верстатів, недостатнє освітлення робочої зони, мастильно-охолоджуючі рідини, фізичні перевантаження, перенапруження зору, монотонність праці.

Найбільш поширеними видами травм у верстатників є поранення очей, обличчя, рук, забої тіла. Аналіз причин виробничого травматизму в цехах холодної обробки металів показує, що основними причинами є:

- відсутність або недосконалість захисних огорожень і запобіжних пристроїв, несправний стан обладнання, інструменту та пристосувань,
- неправильне розміщення верстатного обладнання в цеху,
- неправильні прийоми роботи.

Безпека при роботі на металорізальних верстатах пов'язана, насамперед, із виконанням вимог безпеки, а також здійснення необхідних заходів при організації робочого місця верстатника і суворе дотримання охорони та гігієни праці при роботі на верстатах.

Заходи безпеки під час роботи на дільниці механічної обробки:

1. Передачі (ремінні, зубчасті, канатні, шарнірні, ланцюгові та ін.), які розташовані поза корпусів верстатів і становлять небезпеку травмування, повинні мати огорожі (суцільні, з жалюзі, з отворами), оснащені пристроями (рукоятками, скобами і т. д.) для зручного та безпечного їх відкривання, зняття, переміщення та установлення.

2. Захисні пристрої (щити, ширми, екрани), що огорожують зону обробки, повинні захищати працюючого на верстаті і людей, що знаходяться поблизу верстата, від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної і робочої рідин. Застосування захисних огорожувальних пристроїв обов'язково для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, стругальних, зуборізних, шліфувальних верстатів.

3. Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкриванні до забруднення підлоги. При необхідності вони повинні мати рукоятки, скоби для зручності відкривання, закривання, знімання, переміщення та

установлення.

4. Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним, що виключає випадки самовідкривання. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому стані, повинні надійно утримувати їх в цьому положенні.

5. Поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів управління, верстатних приладь і пристосувань не повинні мати гострих кромek і задирок, які можуть травмувати працюючого.

6. Велике значення для запобігання нещасних випадків на виробництві має надійне закріплення на верстатах оброблюваних заготовок, патронів, планшайб, оправок, насадних головок, інструменту та інших знімних елементів.

Для зручності роботи і безпеки праці ряд вимог пред'являється до органів управління верстатами; обладнання органів управління надійними фіксаторами, що виключають мимовільне їх переміщення і випадкове включення; оснащення їх відповідними блокуваннями, пояснюючими написами, символами та ін.

Необхідно суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Для попередження небезпеки захоплення одягу і волосся працюючого обертовими механізмами верстата робочий одяг не повинен мати вільних частин, рукава повинні щільно облягати руку і бути застебнутими на гудзики, волосся слід прибирати під берет, або косинку. Кінці косинки повинні бути ретельно заправлені.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Санітарія і гігієна праці розглядає ряд факторів, що можуть впливати на здоров'я і самопочуття людини, визначає джерела виникнення цих факторів і встановлює способи захисту від них. Основним завданням санітарії та гігієни праці є створення для працюючих комфортних умов праці. Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат мають бути розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», ДСанПіН3.3.2.007-98 «Державні

стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Для забезпечення гігієни та високого рівня комфорту враховуються вимоги ДБНВ.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», застосовуються будівельні матеріали, що мають низьку теплопровідність, низьку звукопровідність, малу гігроскопічність, достатню повітряпровідність та пристосовані до постійного вологого прибирання.

4.2.1 Мікроклімат

Метеорологічні умови на ділянці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення повинні відповідати встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСНЗ.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», допустимі оптимальні параметри наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	20-23	40-60	0,1-0,4
Холодний	18-22	40-60	0,1-0,3

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання та збалансованою припливно-витяжною і місцевою вентиляцією, з відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ДСТУ EN 13779:2011 «Вентиляція громадських будівель. Вимоги до систем вентиляції та кондиціонування повітря». (EN15232:2007IDT). Найбільш досконалою системою механічної вентиляції є кондиціонування повітря, яке застосовується для штучного створення оптимальних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях або на робочих місця

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³. Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ (CO ₂)	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Повітря, що містить негативні аероіони, є своєрідним екраном, що відображає випромінювання позитивних іонів від дисплеїв та оргтехніки.

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.1294-03. Згідно з цим документом регламентують: мінімально допустимий рівень, максимально допустимий рівень, коефіцієнт уніполярності (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок механічної вентиляції. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання.

4.2.3. Виробниче освітлення

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСР з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям. Природному освітленню властиві і недоліки:

- воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду;
- нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення;
- при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники:

- світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів;
- ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення;
- глибина приміщення;
- наявність предметів, що заступають вікно, як зсередини так і ззовні приміщення.

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або Бокове	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Високі точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати природне освітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені державними будівельними нормами на проектування будинків і споруд, нормативними документами з будівельного проектування будинків і споруд окремих галузей промисловості, затвердженими в установленому порядку, а також

приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будинків

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 4.4:

Для забезпечення достатнього освітлення систематично здійснюється чищення віконного скла та очищення ламп від пилу, а також систематична заміна світильників, що перегоріли.

4.2.4. Виробничий шум

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення визначені ДСНЗ.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зменшення механічного шуму може бути досягнуте шляхом вдосконалення технологічних процесів і обладнання. Експлуатаційним методом боротьби з шумом є своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів і технічних доглядів; регулювання і мащення; зберігання стабільності регулювань у період експлуатації техніки на номінальних режимах роботи; усунення перекосів, люфтів і осьових натіків; зберігання техніки відповідно до діючих стандартів.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A в приміщенні наведені у таблиці 4.5. (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

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

Шум обертових вузлів і механізмів (барабанів, роторів, муфт тощо) виникає

через неправильне їх центрування і нерівновагу обертових мас. Зменшення шуму в таких випадках досягається завдяки якісному виготовленню і монтажу, а також динамічному балансуванню обертових частин на електробалансувальних верстатах.

4.2.6 Виробничі вібрації

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСНЗ.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». Допустимі рівні вібрації на робочих місцях зазначені в табл.4.6.

Таблиця 4.6 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту ДСТУ7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

4.2.6 Психофізіологічні фактори

Науково-технічний прогрес значно збільшив кількість осіб розумової праці.

Змінився і якісний склад цього виду діяльності. Якщо раніше в зазначену групу входили представники науки, сфери управління та обліку, то зараз професії розумової праці широко представлені майже у всіх сферах, у тому числі і в машинобудуванні. При цьому зростають вимоги до точності, швидкості та надійності дій людини, до швидкості її психологічних реакцій та процесів.

Трудова діяльність супроводжується значними витратами нервово-емоційної та розумової енергії, призводить до професійної деформації і професійного вигорання. Останнім часом, не тільки професійна діяльність керівників структурних підрозділів та підприємства, інженерно – технічний склад, науковці, але і оператори верстатів з ЧПЗ, оцінюється за характеристикою «Напруженість праці».

Оцінка психофізіологічних факторів під час виконання поставленого завдання здійснюється згідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни;

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією.

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) – до 50%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня – більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

4.3 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій

4.3.1 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що визначає безпеку роботи системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

До переліку елементів, від роботи яких залежить функціонування блоків системи ЧПК, відносяться: інтегральні схеми, конденсатори, резистори, діелектричні матеріали, напівпровідники, магнітні матеріали, мікропроцесори, транзистори та діоди. Граничні значення експозиційних доз іонізуючого випромінювання для цих елементів наведені в табл. ...

Згідно даних таблиці ... граничне значення дози гамма-випромінювання для

системи ЧПК верстатного обладнання складає $D_{гр}=10^4$ Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи визначається з формули

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})},$$

де $t_n=1$, $t_k=10$ років=87600 год – відповідно, час початку і кінця опромінення системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 1$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Таким чином

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 1}{2(\sqrt{87600} - \sqrt{1})} = 16,8 \text{ Р/год.}$$

Таблиця 4.10– Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для апаратної частини ЧПК верстатного обладнання

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр,i}$, Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК в цілому, $D_{гр}$, Р
Інтегральні схеми	10^5	10^4
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистори	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	10^{10}	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	
Магнітні матеріали	10^{10}	
Мікропроцесори	10^4	
Транзистори, діоди	10^4	

Згідно з проведеним розрахунком робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах постійної дії іонізуючих випромінювань буде безпечною за умови, що потужність іонізуючих випромінювань не перевищуватиме 16,8 Р/год.

4.3.2 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» в умовах дії електромагнітних випромінювань.

Критерієм, що за яким оцінюватимемо безпеку роботи системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

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

де U_D – допустиме коливання напруги живлення, В; $U_{B(\Gamma)}$ – напруга наведена електромагнітними випромінюваннями, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК, В.

Оскільки стійкою, а отже безпечною робота системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань вважатиметься коли $K_B \geq 40$ дБ, розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що $K_{B\min} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення

$$U_D = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N = 12 + \frac{12}{100} \cdot 2 = 12,24 \text{ В},$$

де $U_{ж} = 12 \text{ В}$ – мінімальна напруга живлення системи ЧПК; $N = 2 \%$ – допустимі відхилення напруги.

Максимальна довжина струмопровідних частин в горизонтальній площині $l_{\Gamma} = 0,2 \text{ м}$.

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

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}},$$

$$\frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\text{Г}} = \frac{U_{\text{Д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{12,24}{100} = 0,1224 \text{ В},$$

а вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\text{Г}}}{r} = \frac{0,1224}{0,2} \approx 0,612 \text{ В/м}$$

Система ЧПК верстатів, що використовуються в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому $t = 0,1$ см і вище.

Використання сталевго екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{15000} = 63,7 \text{ Дб.}$$

де $f = 15000$ – власна частота екрана(корпуса).

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{\text{Вex}}}{E_{\text{В}}} \text{ Дб,}$$

де $E_{\text{Ввх}}$ – вертикальна складова напруження електричного полі на вході в екран,

то

$$E_{\text{Ввх}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,612 \cdot 10^{\frac{63,7}{20}} = 937 \text{ В.}$$

Безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена в разі, коли вертикальна складова напруженості електричного поля не перевищуватиме 937 В/м.

Згідно проведених розрахунків робота апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 14.25В» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань буде безпечною за умови, що інтенсивність небезпечних чинників надзвичайних ситуацій не перевищуватиме, відповідно, потужність іонізуючих випромінювань – 16,8 Р/год і вертикальна складова напруженості електричного поля – 937 В/м.

МАКР 137 ТАМ

ВИСНОВКИ

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

Отже в якості фінішної обробки запропоновано розкочування отворів і підібрано режими різання, які дозволили зменшити собівартість обробки. На базі виконаних розрахунків підвищена продуктивність на 30 - 40% за рахунок оптимізації режимів різання; на підставі використаної методики встановлені закономірності зміни оптимальних значень подачі і швидкості різання від шорсткості обробленої поверхні і радіусів при вершині; розроблені рекомендації щодо вибору оптимальної конструкції режимів різання;

В результаті виконаної МКР для деталі кришка 14.25В:

- зроблений аналіз конструкції та технологічності деталі;
- визначено тип виробництва і форму організації на ній;
- з двох альтернативних запропонованих варіантів на базі техніко–економічного порівняння визначено спосіб виготовлення заготовки;
- виконано аналітичний огляд відомих та типових маршрутів обробки подібних до заданої деталі;
- визначено способи та кількість етапів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності;
- обґрунтовано вибрані технологічні бази деталі;
- запропоновано маршрут механічної обробки;
- виконано розмірний аналіз технологічного припуску;
- аналітично визначено припуски та технологічні розміри на одну з найбільш точних поверхонь – циліндричну поверхню $\varnothing 70H7$;

- аналітичним способом визначені режими обробки для двох поверхонь – виконання шпонкового пазу та обробка торців і центрових гнізд;
- спрощеним способом виконано технічне нормування технологічного процесу;
- спроектована дільниця механічної обробки, для чого розрахована приведена програма, визначено верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих;

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

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмелов-ский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ Кн.3. 2010.№ 10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.

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

35. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Vr>. Назва з екрану.

36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.

37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

38. НПА ОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

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

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

41.Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

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

43.СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>

44.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

45.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

46.ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>

47.НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони прані під час роботи з інструментом і пристроями»,

Додатки

МКР 131 ТАМ

Додаток А

Технічне завдання
МКР 131 ТАМ

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

Технологічна підготовка виробництва деталі «Кришка 14.25В» з використанням
CALS-технологій

08-26.МКР.005.00.000 ПЗ

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19мз
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Химич Є.А _____

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Кришка 14.25В» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

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

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Кришка 14.25В».

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

4. Вимоги до виконання МКР

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

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	10.04	10.05	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ

2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	10.04	10.05	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.04	30.05	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.05	18.05	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.05	20.05	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.05	30.05	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 ректо

ра.

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.

МКР 131 ТАМ

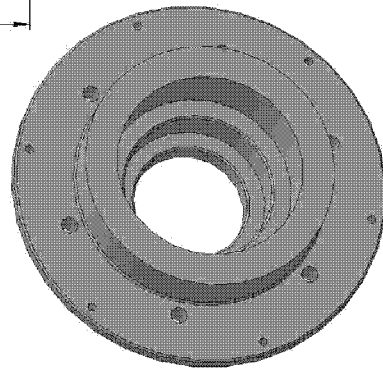
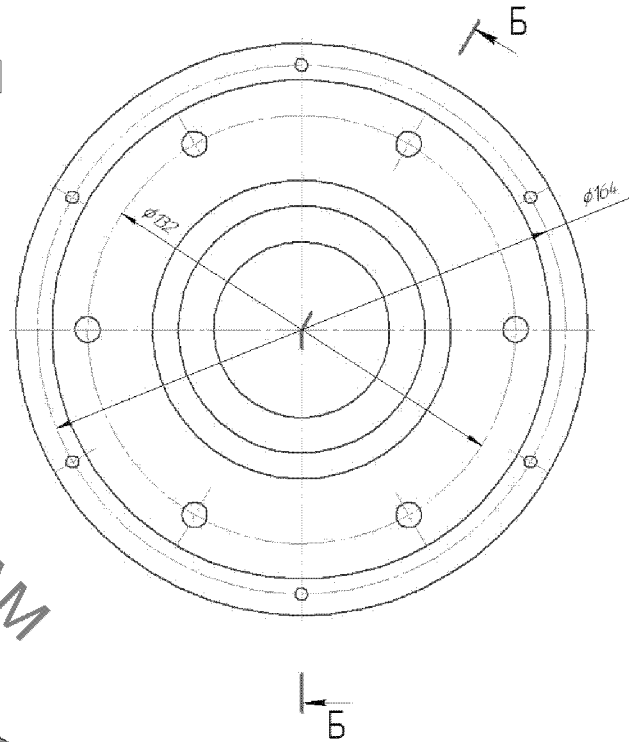
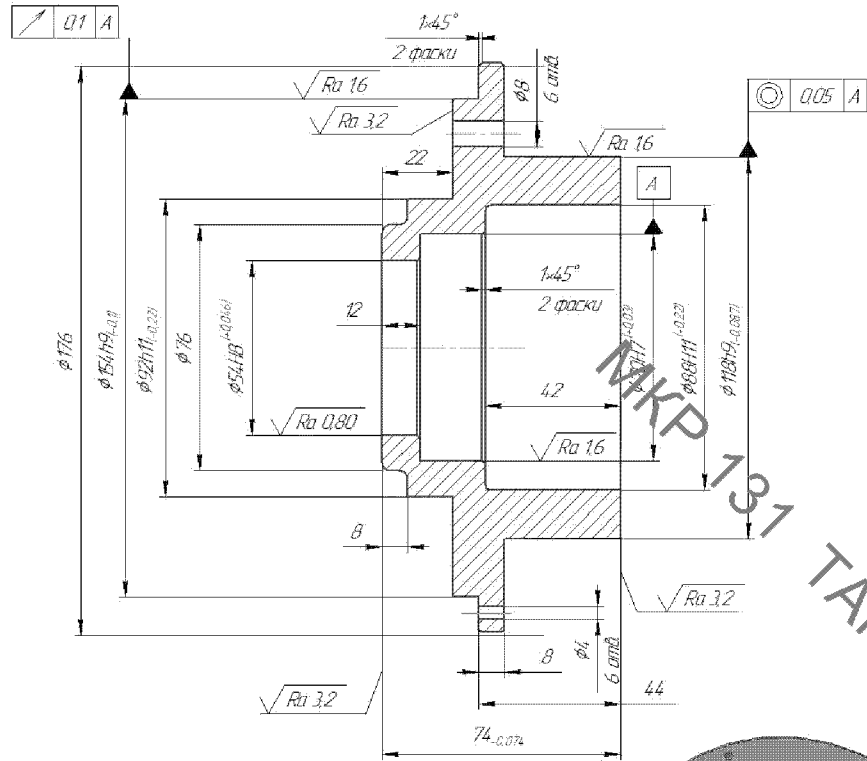
Додаток Б

Графічна частина

МКР 131 ТАМ

08-26.БДР.005.00.001

✓/✓/✓

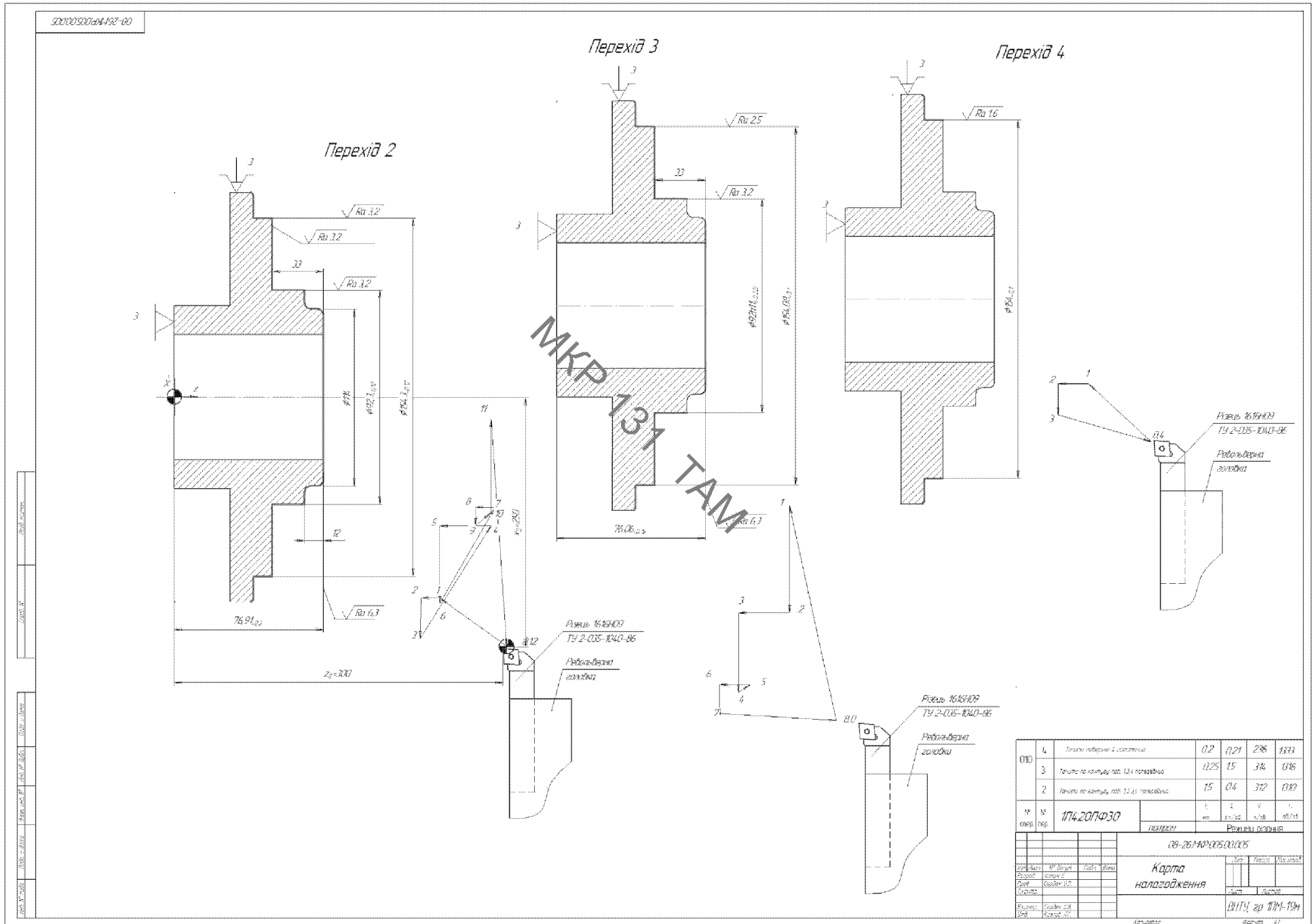


МКР 131 ТАМ

- 1 Неказані радіуси 2-5мм
- 2 Неказані граничні відхилення розмірів
- валів h14, отворів H14

Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6

				08-26.БДР.005.00.001				
Изм.	Лист	№ Вектр.	Подп.	Дата	Кришка 14.25В	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Исполн.	Сводчик	Сводчик	Сводчик		09	11	
Лист	1	Листов	1	А/19 ГОСТ 14-79		ВНЧ, зр. 11М-19м		
Исполн.	Сводчик	Сводчик	Сводчик	Сводчик	Сводчик	Сводчик	Сводчик	Сводчик
Умб.	Корней	Л.П.						



Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання

N _{оп}	Назва операції	Розрахована кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Багатоцільова	0,193	1	0,193	0,2621	0,7721
010	Багатоцільова	0,928	1	0,928		0,7679

Таблиця 2 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, С _{вр}	Ф _д , год	K _с	K _м	P, чол	P _{ос} , чол
Багатоцільовий	1	1840	0,193	1	0,21	1
Багатоцільовий	1		0,928	1	0,99	1

Таблиця 3 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		3
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	15...21%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

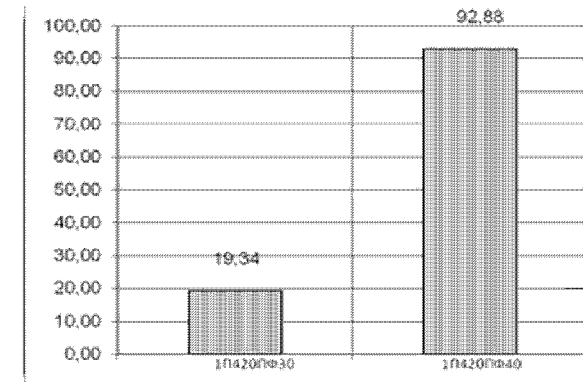


Рисунок 1 – Графік завантаження обладнання

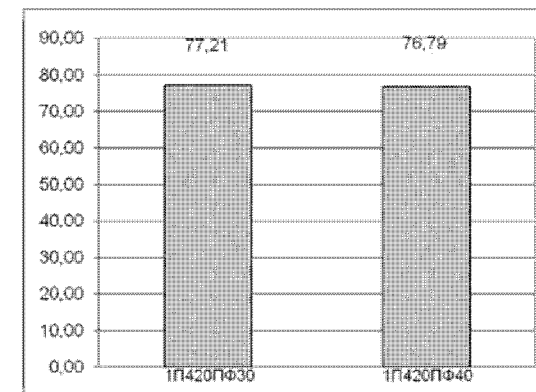
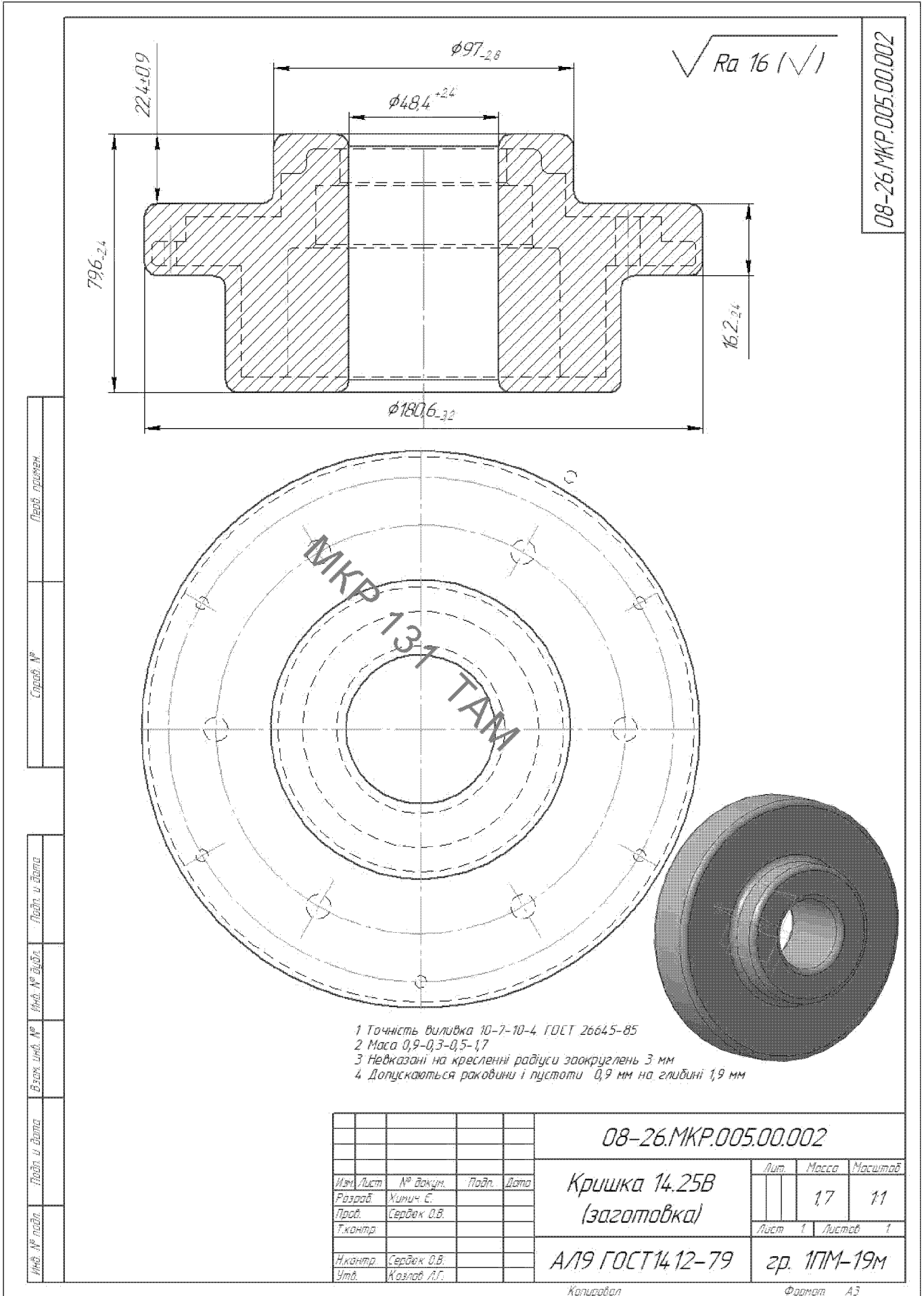


Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом



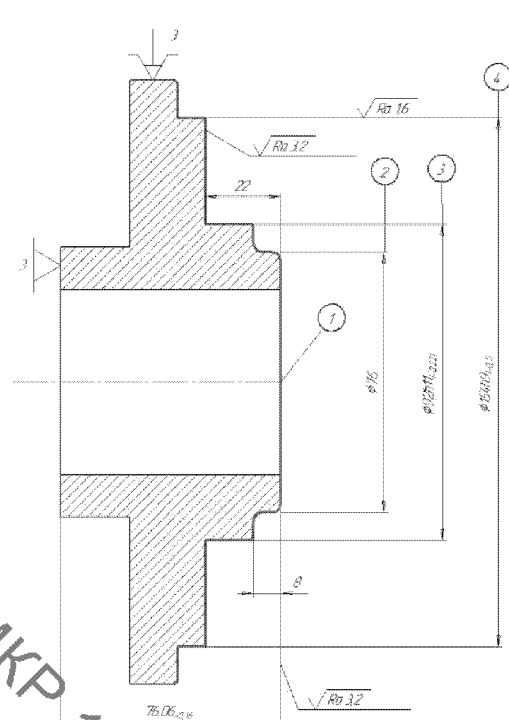
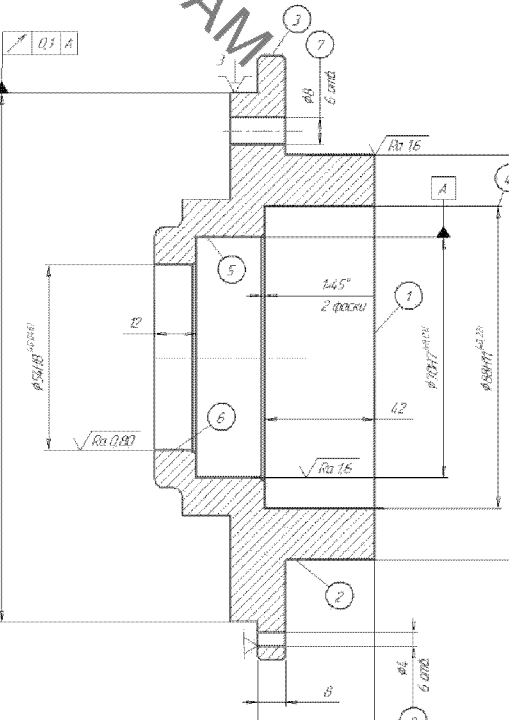
08-26.МКР.005.00.002

Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1
Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1
Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1
Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1
Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1
Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1	Листів: 1	Сторінок: 1

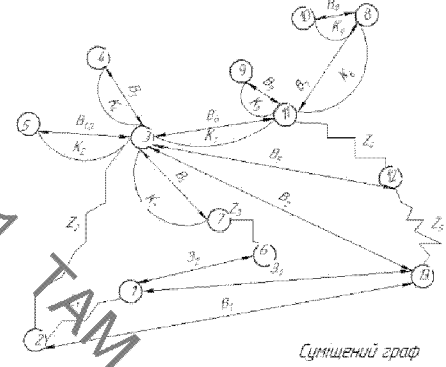
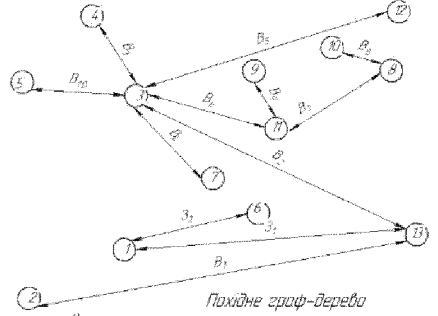
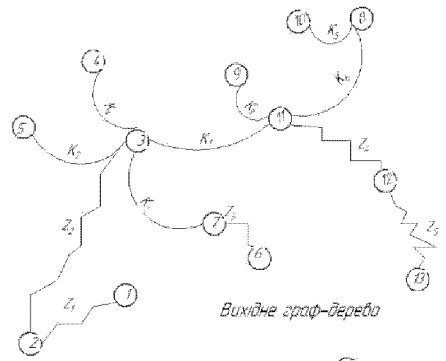
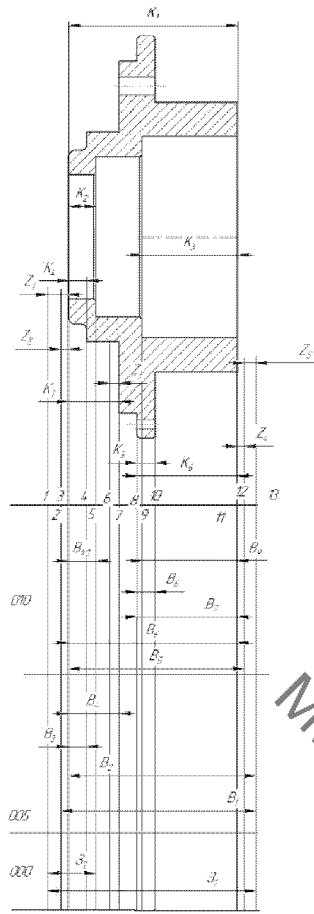
- 1 Точність вилідка 10-7-10-4 ГОСТ 26645-85
- 2 Маса 0,9-0,3-0,5-17
- 3 Невказані на кресленні радіуси заокруглень 3 мм
- 4 Допускаються раковини і пустоти 0,9 мм на глибині 1,9 мм

				08-26.МКР.005.00.002			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Кришка 14.25В (заготовка)	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Химич Є.					17	1:1
Проб.	Сердюк О.В.				Лист 1	Листов 1	
Г.контр.							
И.контр.	Сердюк О.В.			АЛ9 ГОСТ14.12-79	гр. 1ПМ-19м		
Утв.	Козлов Л.Г.						

Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Модель верстатів
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо в розмір 46,91(+0,25) та поверхню 2 одноразово в розмір згідно ескізу 3 Точити торець 1 та поверхню 3 остаточно, в розмір згідно ескізу 4 Точити поверхню 4 попередньо в розмір 154,08(+0,1) 5 Зняти заготовку 	 <p>Невказані значення відхилення розмірів отворів Н9, базу h9, нульок ІТ9/2</p>	<p>Токарно-револьверний з ЧПК 174.207Ф30</p>
010	<p>Багатацильовий з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо в розмір 44,7(+0,1) та поверхню 2 попередньо в розмір $\phi 118,2(+0,3)$ та поверхню 3 одноразово в розмір згідно ескізу 3 Точити остаточно поверхню 1 в розмір згідно ескізу, попередньо поверхню 2 в розмір $\phi 118,08(+0,12)$ 4 Точити остаточно поверхню 2 в розмір згідно ескізу 5 Розточити попередньо отвори 4, 5, 6 в розміри $\phi 67,73(+0,25)$, $\phi 9,32(+0,3)$, $\phi 53,73(+0,3)$ відповідно 6 Розточити остаточно отвір 4 в розмір згідно ескізу та отвір 5 попередньо в розмір $\phi 69,73(+0,12)$ та отвір 6 попередньо в розмір згідно ескізу 7 Розточити остаточно отвір 6 в розмір згідно ескізу 8 Центрувати 6 отвір 7 та 6 отвір 8 витримуючи розміри вказані на ескізі 9 Свердлити 5 отвір 7 витримуючи розміри вказані на ескізі 10 Свердлити 6 отвір 8 витримуючи розміри вказані на ескізі 11 Зняти заготовку 	 <p>Невказані значення відхилення розмірів отворів Н9, базу h9, нульок ІТ9/2</p>	<p>Багатацильовий з ЧПК 174.207Ф40</p>

Розмірний аналіз технологічного процесу



МКР 131
ТАМ

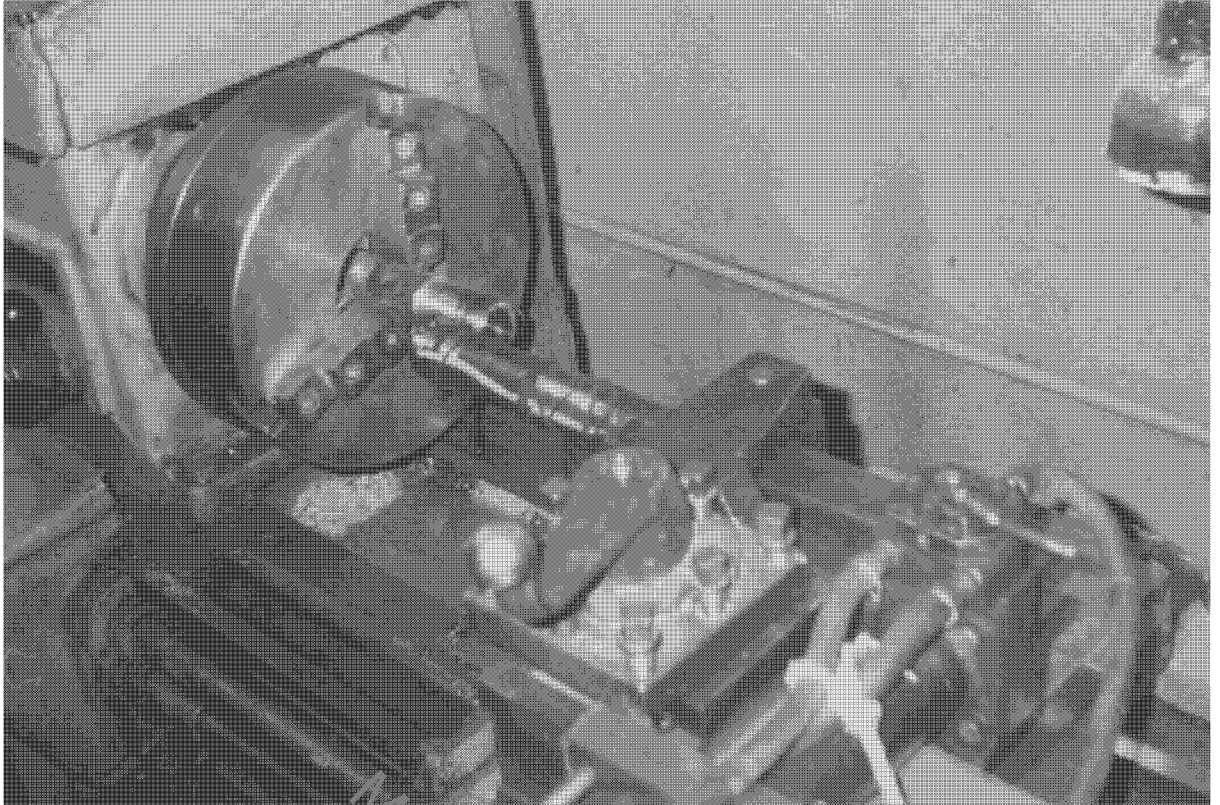
Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	1,2	2,45
Z_2	0,6	1,01
Z_3	0,8	2,22
Z_4	0,6	0,762
Z_5	1,2	1,46

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланкигів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_{10} - K_2 = 0$	$B_{10} = K_2$	B_{10}
2	$B_9 - K_4 = 0$	$B_9 = K_4$	B_9
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
4	$B_7 - K_6 = 0$	$B_7 = K_6$	B_7
5	$K_5 - B_8 = 0$	$B_8 = K_5$	B_8
6	$K_7 - B_4 = 0$	$B_4 = K_7$	B_4
7	$K_4 - B_3 = 0$	$B_3 = K_4$	B_3
8	$Z_4 + B_6 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_5 - B_6$	B_4
9	$Z_5 + B_5 - B_2 = 0$	$Z_5 = B_2 - B_5$	B_2
10	$Z_2 + B_2 - B_1 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
11	$3_2 - B_3 - Z_1 = 0$	$Z_1 = 3_2 - B_3$	3_2
12	$3_1 - B_4 - Z_2 - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_4 + Z_2 + Z_1 - 3_1$	3_1

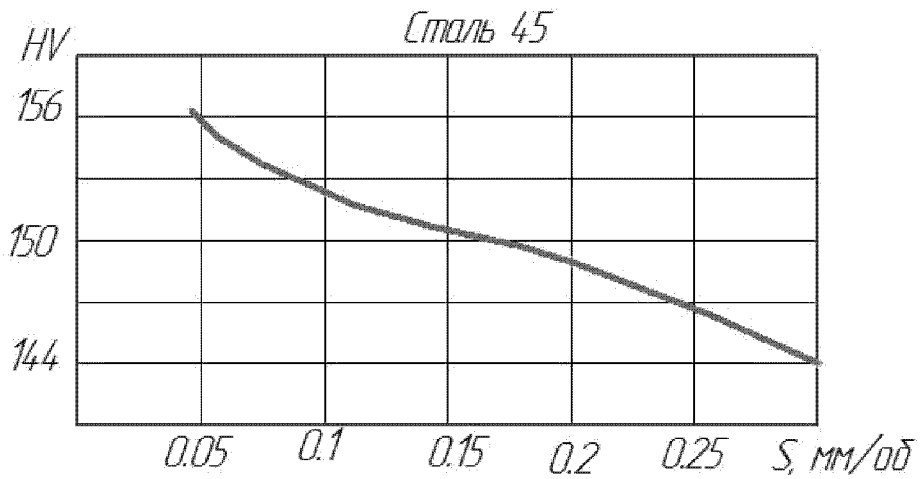
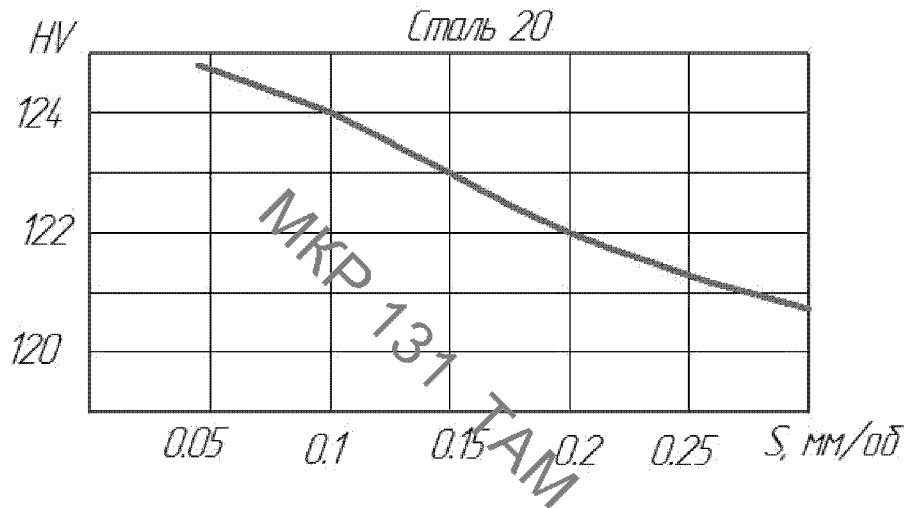
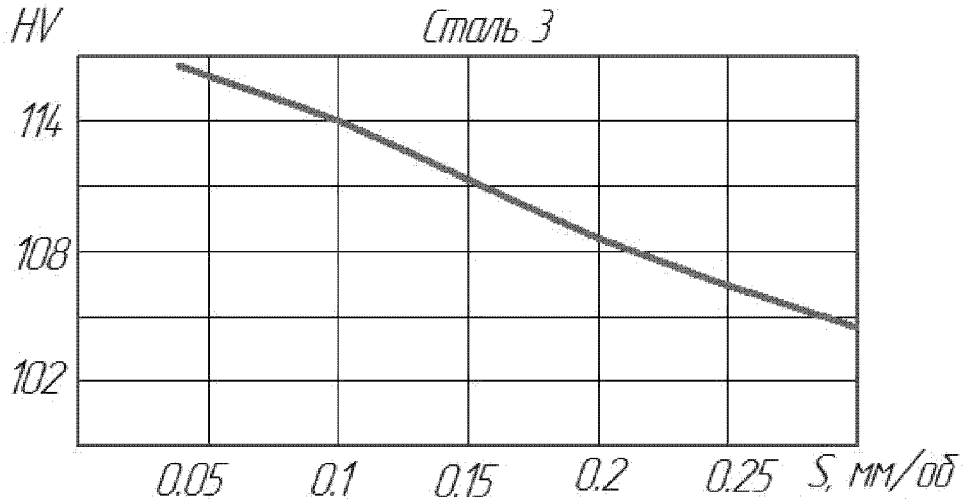
Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	78,11	79,11	1,0	79,11		79,11 _{±0}
Z_2	23,5	24,34	0,84	23,92		23,92 _{±0,42}
B_1	76,66	76,91	0,25	76,91	76,91 _{±0,25}	
B_2	75,9	76,06	0,16	76,06	76,06 _{±0,16}	
B_3	7,82	8,18	0,36	8	8 _{±0,36}	
B_4	21,74	22,26	0,52	22	22 _{±0,52}	
B_5	74,6	74,7	0,1	74,7	74,7 _{±0,1}	
B_6	73,938	74	0,062	74	74 _{±0,062}	
B_7	13,57	14	0,43	14	14 _{±0,43}	
B_8	7,64	8	0,36	8	8 _{±0,36}	
B_9	41,785	42,215	0,43	42	42 _{±0,215}	
B_{10}	11,785	12,215	0,43	12	12 _{±0,215}	



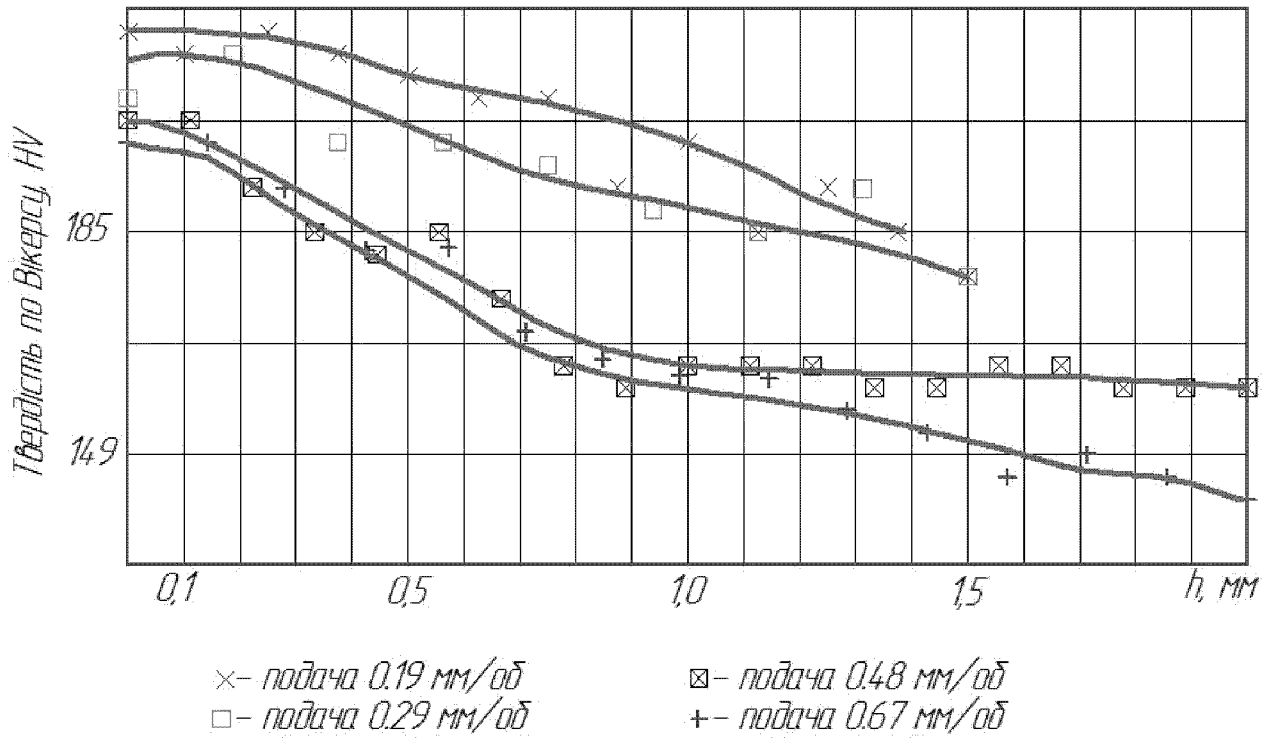
Процес обкочування валу



Процес обкочування валу



Залежність отримуваної твердості поверхні від подачі при застосуванні ППД



Залежність твердості від відстані від поверхні (Л 58)

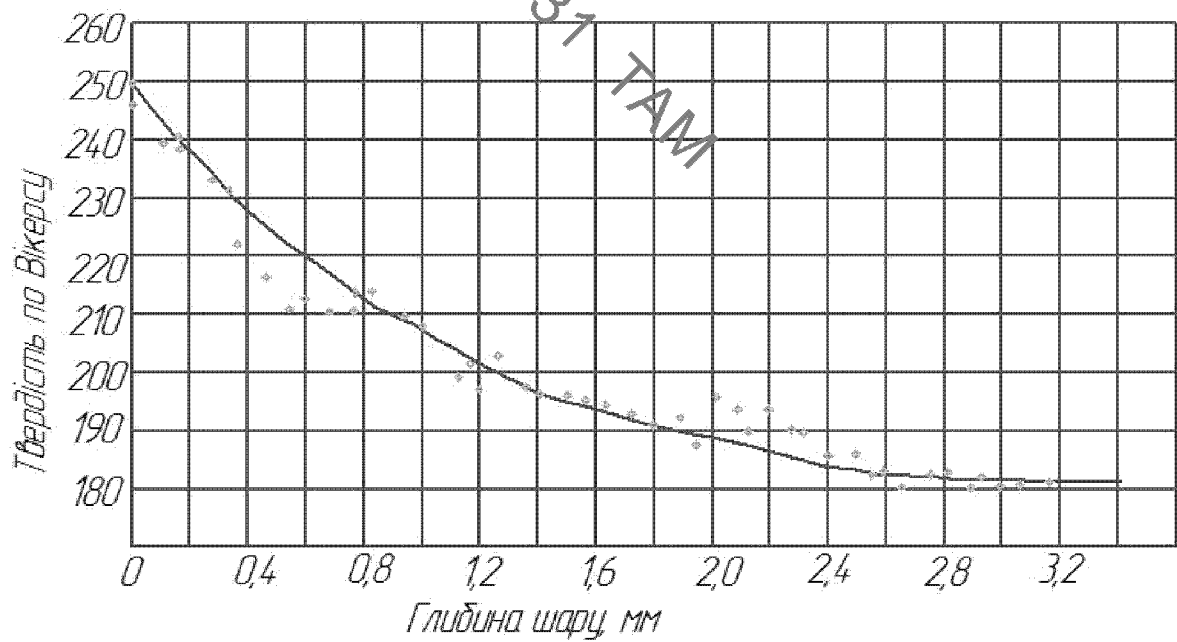
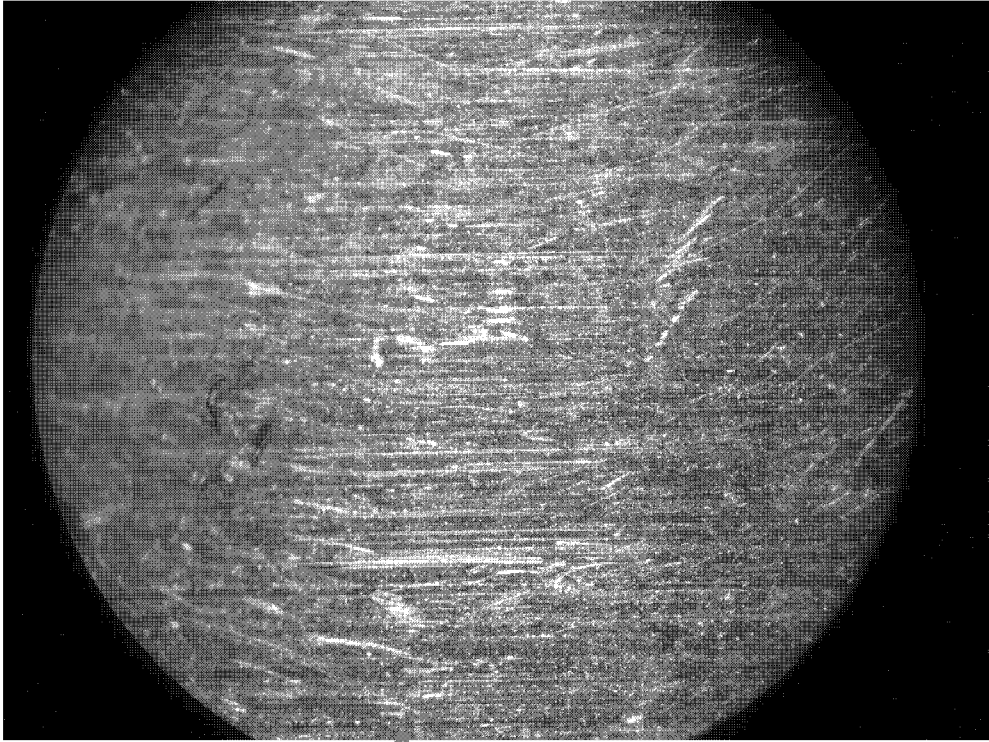
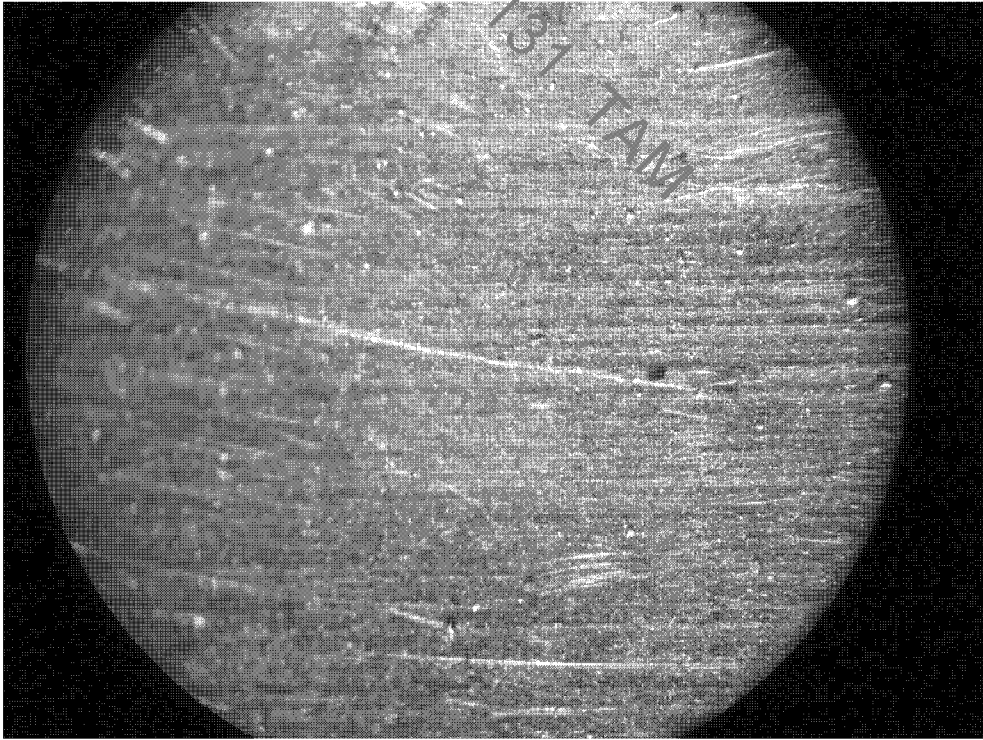


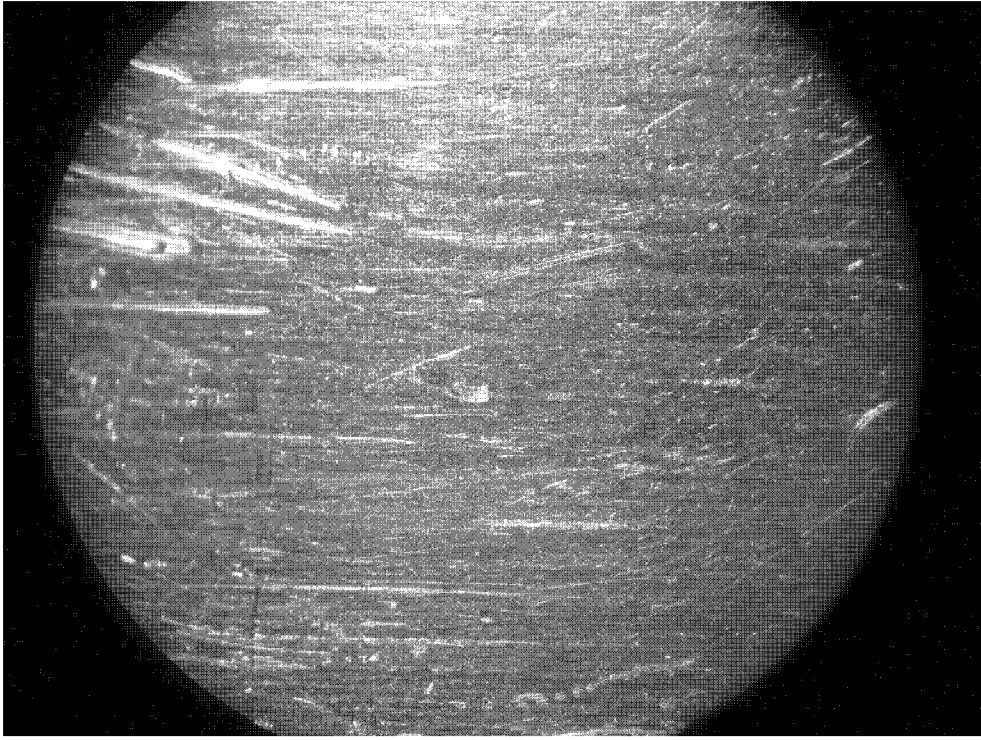
Рисунок 1.9 – Залежність твердості від відстані від поверхні (Сталь 40)



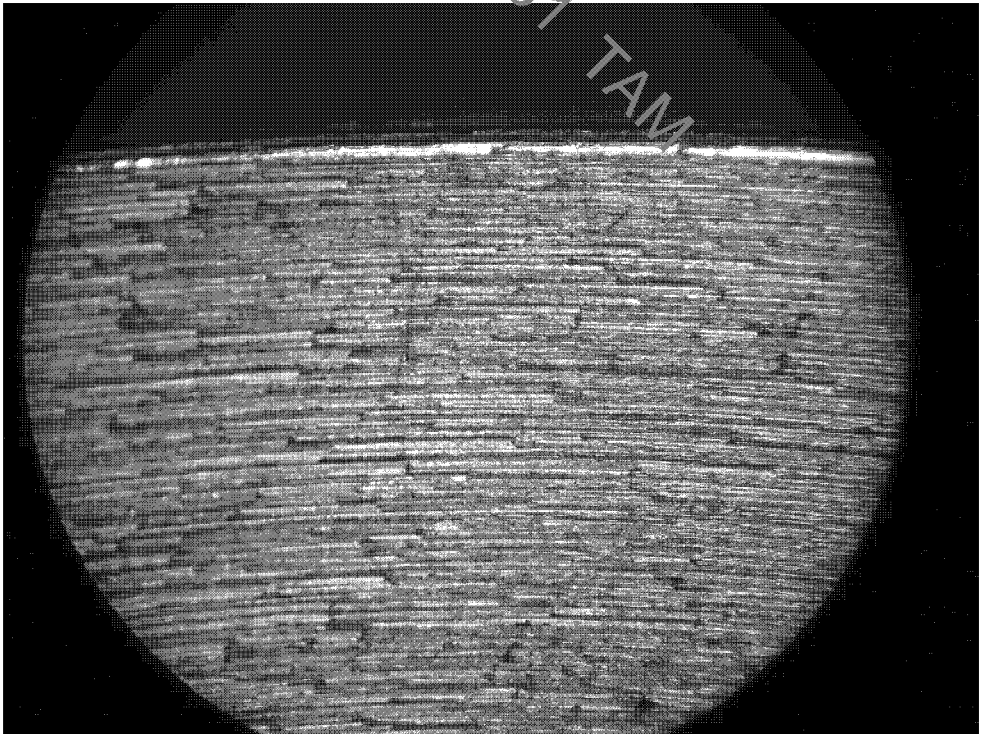
Поверхня після обкочування циліндричним роликком



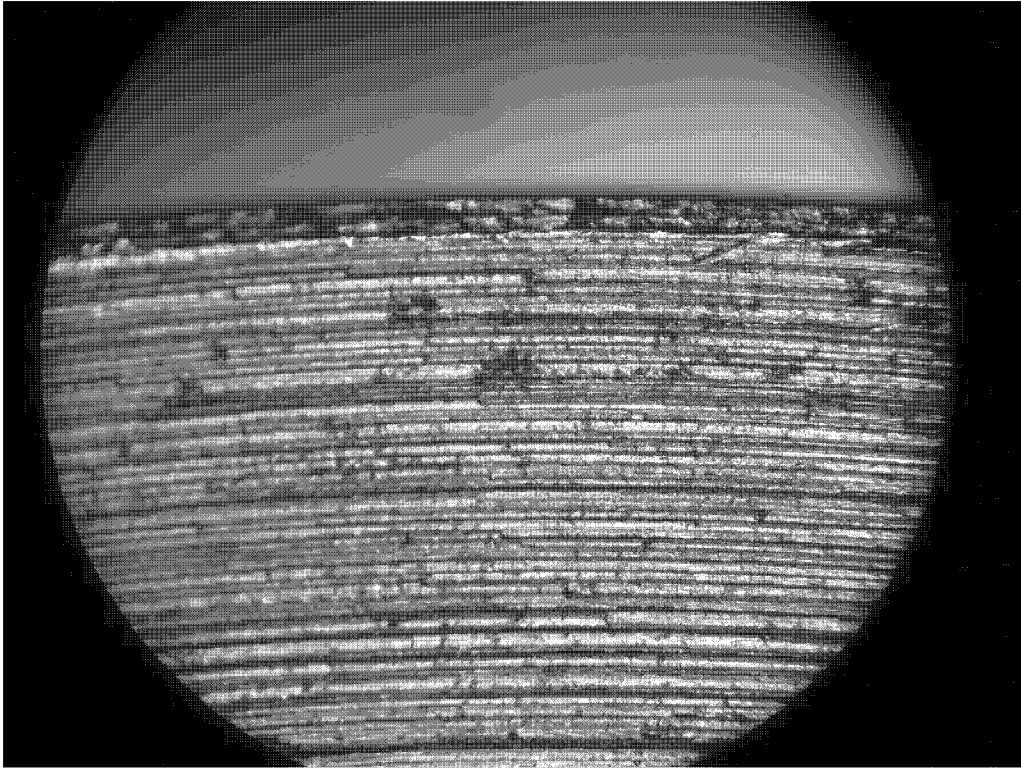
Поверхня після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею



Поверхня після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямках



Зміцневий поверхневий шар після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею



Зміцневий поверхневий шар після обкочування роликом із гвинтовою робочою поверхнею в
прямому і зворотньому напрямках

МІКР 131 ТАМ