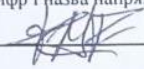


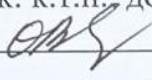
Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

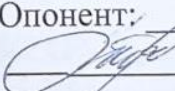
Факультет машинобудування та транспорту  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

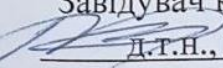
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему:  
**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ  
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ  
"ВАЛ 54.12.01"  
МКР.08-26.010.00.000.ПЗ**

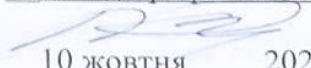
Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-21м  
спеціальності 131 – Прикладана механіка  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
 **Федорчук М.А.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
 **Сердюк О.В.**  
(прізвище та ініціали)  
« 12 » 12 2022 р.

Опонент:  **Макарова В.В.**  
(прізвище та ініціали)  
« 16 » 12 2022 р.

**Допущено до захисту**  
Завідувач кафедри ТАМ  
 **д.т.н., проф. Козлов Л.Г.**  
(прізвище та ініціали)  
« 12 » 12 2022 р.

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Завідувач кафедри ТАМ  
 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.  
  
 10 жовтня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Федорчук Михайло Андрійович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 54.12.01".

керівник роботи к.т.н., Сердюк Ольга Валентинівна  
 затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року № 205-А

2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі вал А54.12.01,  
 програма випуску 4500

матеріал сталь 10Х17Н13М2Т ГОСТ 25054-81

4. Зміст текстової частини: експериментальне дослідження процесу обробки, технологія виготовлення деталі типу вал 54.12.01, економічний розділ охорони праці та безпека життєдіяльності

5. Перелік ілюстративного матеріалу  
результати експериментальних досліджень обробки деталі типу вал, вал 54.12.01, прокат, маршрут механічної обробки, розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагодження, дробини механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н. Сердюк О.В.	10.10.22	10.12.22
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.И.	15.10	
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.		
		15.10	2011

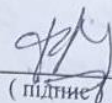
7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 15.10.2022
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 15.10.2022
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2022
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2022
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2022
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2022
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2022
	Попередній захист МКР	до 12.12.2022
	Перевірка роботи н плагіат	до 14.12.2022
	Нормоконтроль МКР	до 16.12.2022
	Рецензування МКР	до 17.12.2022
	Захист МКР	до 22.12.2022

Студент

Керівник роботи

  
(підпис)

Федорчук М. А.

Сердюк О.В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Ф

е

д

о

р

На укр. мові. Бібліогр.: 44 назв; рис.: 26; табл. 22.

ч

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано дослідження процесу обточування деталі типу Вал 54.12.01 з матеріалу Сталь 10X17H13M2T. Встановлено залежність технологічних параметрів процесу на твердість поверхневого шару. Для цієї ж деталі розроблено маршрут механічної обробки, з визначенням норм часу, режимів обробки, технологічних розмірів. Спроековано дільницю механічної обробки.

Удосконалили час виконання процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 54.12.01". Моніторинг операційної роботи, як принципів виконання, прикладів механіки освітлення нормування технологічних машинобудування виробничих факторів у виробничому приміщенні; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: обточування, ролик, поверхневий шар, маршрут механічної обробки, вал.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВНТУ

## ABSTRACT

Fedorchuk M.A. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type "Shaft 54.12.01". Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - Mechanical engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2022. 166 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 44 titles; Fig.: 26; table 22.

In the master's qualification work, a study of the process of rolling a part of the type Val 54.12.01 made of Steel 10X17H13M2T was carried out. The dependence of the technological parameters of the process on the hardness of the top layer was established. For the same part, a mechanical processing route has been developed, with the determination of time norms, processing modes, and technological dimensions. A mechanical processing department was designed.

The graphic part consists of 10 posters.

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

Key words: rolling, roller, surface layer, machining route, shaft.

МКР 131 Прикладна механіка ІАМ ВНТУ

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>1 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ОБКОЧУВАННЯМ РОЛИКОМ</b>	8
1.1. Сучасні методи ППД. Залежність механічних властивостей пластично деформованого поверхневого шару від параметрів процесу	8
1.2. Експериментально-розрахункові та інженерні методи визначення напружено-деформованого стану поверхневого шару	15
1.3. Оцінка пластичності металу в поверхневому шарі	18
1.4. Вплив параметрів процесу ППД на технологічну спадковість	23
<b>2 ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛІ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ</b>	27
2.1. Експериментальні дослідження процесу обкочування роликом	27
2.2. Вплив технологічних факторів процесу обкочування на якість отриманої поверхні	32
<b>3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ВАЛ 54.12.01</b>	37
3.1. Визначення типу виробництва і форми організації роботи	37
3.2. Аналіз конструкції і технологічності деталі	41
3.3. Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	44
3.4. Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	55
3.5. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	58
3.6. Вибір чистових і чорнових технологічних баз	61
3.7. Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	64
3.7. Розмірний аналіз технологічного процесу	66

3.8. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	74
3.9 Визначення режимів різання	81
3.10 Визначення технічних норм часу	89
3.11 Проектування дільниці механічної обробки	87
<b>4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	94
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	94
4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	94
4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	96
4.5 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	105
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	110
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	110
5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця	110
5.1.2 Електробезпека приміщення	112
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	114
5.2.1 Мікроклімат	114
5.2.2 Склад повітря робочої зони	115
5.2.3 Виробниче освітлення	116
5.2.4 Виробничий шум	117
5.2.5 Виробничі випромінювання	118
5.2.6 Оцінка умов праці	118
5.2.7 Заходи з цивільного захисту. Організаційні заходи оповіщення	118
<b>ВИСНОВКИ</b>	121
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	123
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної кваліфікаційної роботи	127
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	129

## ВСТУП

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

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

**Метою роботи** Метою магістерської кваліфікаційної роботи є модернізація маршруту механічної обробки деталі Вал 54.12.01 для зниження собівартості деталі завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження процесу обкочування деталі Вал 54.12.01 ;
- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК і методів обробки;
- розмірно-точнісне моделювання маршруту механічної обробки;
- проектування дільниці механічної обробки;

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

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

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



**Наукова новизна одержаних результатів** Наукову новизну роботи складають результати досліджень характеристик процесу деформаційного обкочування легованої сталі.

**Практичне значення одержаних результатів:** полягає в удосконаленні технологічного процесу обробки, а зокрема фінішної операції заготовки деталі типу «Вал 54.12.01 »; при цьому запропоновані такі нові рішення:

- для найбільш доцільних способів виготовлення виконано розрахунок заготовки, та за техніко-економічним порівняння обрано як кращий виліток в піщано-глинисті форми;
- розроблений оригінальний технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого технологічного процесу потребує від інвестора вкладень термін окупності яких складає 2,8 року;
- для удосконаленого ТП розроблено план ділянки механічної обробки; при обробці приведеної програми графіки завантаження обладнання знаходяться в рекомендованих межах для серійного виробництва;
- для фінішної обробки запропоновано обробка обкочуванням, що дозволило збільшити твердість поверхневого шару.

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

LI Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту.

Сердюк О.В., Ільченко В.І., Федорчук М.А, «Напруження в поверхневому шарі металу при обкочуванні роликком із гвинтовою робочою поверхнею» в Матеріали конференції «LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)», Вінниця, 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2022> Дата звернення: Груд. 2022

## 1 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ОБКочУВАННЯМ РОЛИКОМ

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 напруг.

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

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

Поверхнєве деформування поверхневих шарів здійснюють різноманітними способами, які згідно з [10] можна поділити на дві групи. До першої відносять такі, що передбачають створення зусилля деформування від інструмента шляхом безперервного контакту з деталлю (статичні), до другої – ті, при яких здійснюється ударна дія по деталі робочих тіл або інструмента (динамічні). Не дивлячись на різноманіття способів ППД, їх поєднує спільність основних процесів та впливів на стан металу та оброблюваної поверхні. При різних умовах оброблювання проявляються або неперервні, або дискретні особливості матеріалів.

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

В залежності від форми, розмірів, матеріалу деталі, вимог, що висуваються до геометричних параметрів та якості поверхні, виробничих та інших умов можуть застосовуватися різноманітні способи зміцнювального оброблювання ППД. Вони відрізняються за схемами силової дії на оброблювану деталь, продуктивністю, економічністю та іншими показниками (рис. 1.1). Як спільні класифікаційні ознаки можна використовувати швидкість деформування; схему контактування деформуючих тіл з поверхнею деталі; форму робочої ділянки деформуючого тіла; зв'язок деформуючих тіл з джерелом руху" спосіб передачі енергії до інструмента.

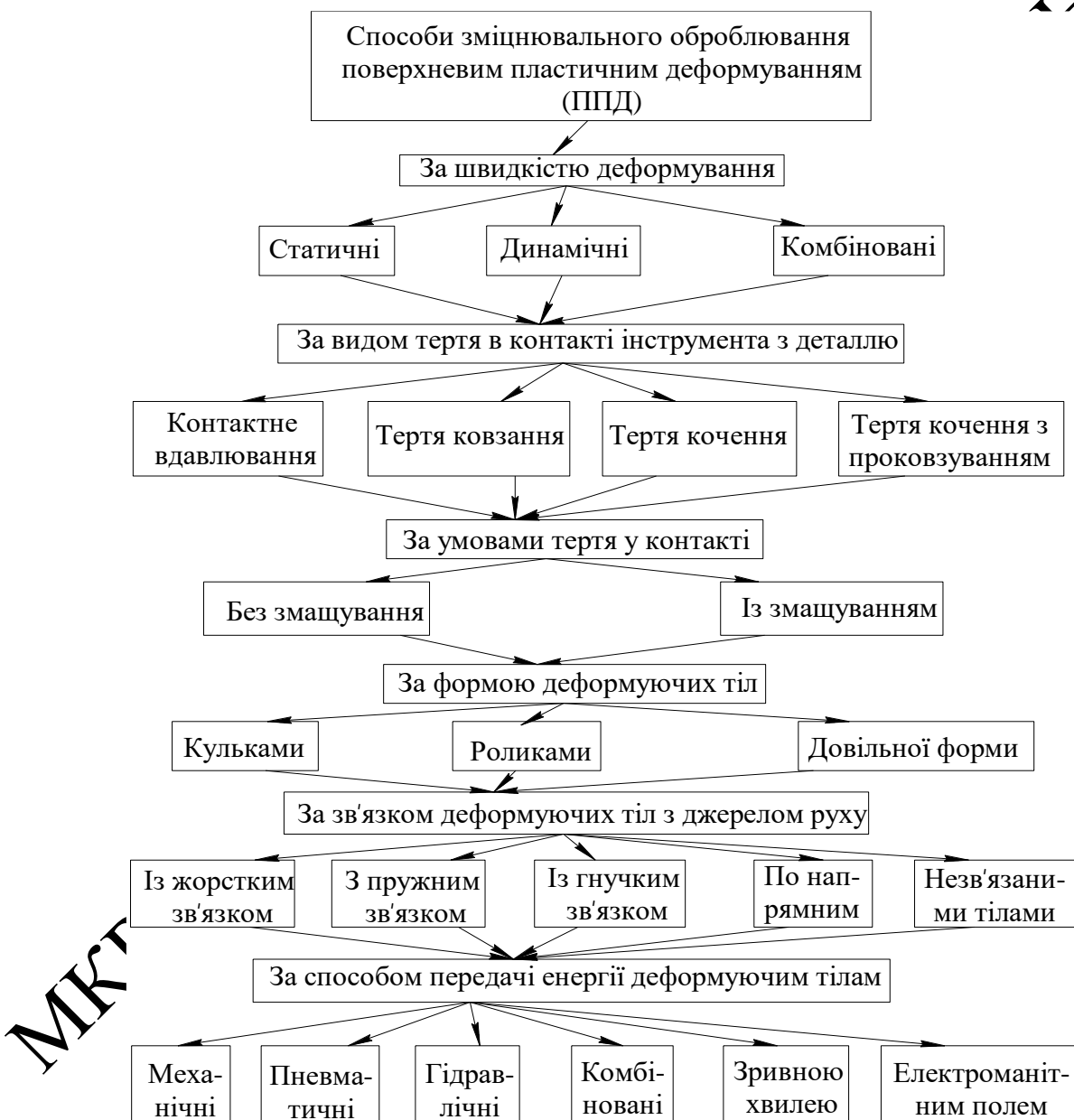
Найбільш розповсюдженим способом зміцнення пластичним деформуванням поверхні є обкатування деталей роликami. У той же час широко впроваджується обкатування пружними кульками, зміцнення дробеструйним і відцентрово-кульковим наклепом, зміцнення карбуванням. В останні роки усе ширше застосовується поверхнева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

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

Відбиток еліптичної форми утвориться при обкатуванні деталі довільної форми роликом кругового профілю, якщо радіус його кривизни не дорівнює

радіусові кривизни деталі, узятому з протилежним знаком. Ролики з робочим профілем, обкресленим в осьовому перерізі по окружності, тобто виготовлені у формі тора, бочки або сфери (зокрема, кульки), мають переваги, що забезпечують їм широке застосування у виробничій практиці. При їхньому використанні постійна форма відбитка зберігається незалежно від точності установки ролика і твердості системи

ЧТУ



МКТ

Рисунок 1.1 - Класифікація способів зміцнювального оброблювання ППД

верстат-інструмент-деталь. Ролики кругового профілю широко використовуються при чистовому обкатуванні і служать основним інструментом для зміцнення. Прямокутний відбиток створюється при лінійному вихідному контакті ролика з деталлю.

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

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

Ролики звичайно виготовляють зі сталі марок Х12, Х12М, ХВГ, 5ХНМ, ШХ15, У10, У 12 і гартують на твердість НКС58—65. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні роликів іноді наплавляють твердими сплавами. Основні види роликів, застосовуваних при чистовому обкатуванні, схематично показані на рис. 1.1.

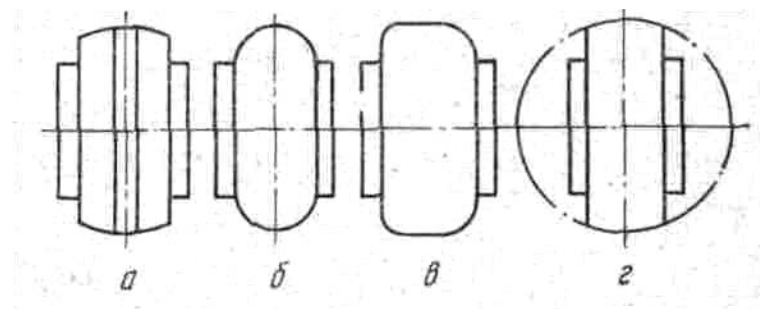


Рисунок 1.2- Ролики для обкатування: а) з циліндричним паском; б) з тороїдальним контуром; в) зі спеціальним контуром; г) — зі сферичним контуром

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

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

Ширина западини росте в міру збільшення сили обкатування і зменшення твердості матеріалу деталі. Цю величину важливо знати при проектуванні технологічного процесу зміцнюючого обкатування, щоб вивести западину за межі, де необхідні точні розміри зміцнюючої ділянки вала. Узагальнення дослідних даних дозволило В. М. Браславському [1] запропонувати наступну формулу для розрахунку ширини западини  $L$  (мм) на початку обкатої поверхні:

$$L = 4 \sqrt{P / HB} \quad (1.1)$$

де  $P$ —сила обкатування, кгс;  $HB$ —твердість матеріалу, кгс/мм<sup>2</sup>.

Рівномірність подачі роликів при обкатуванні деталей грає у формуванні поверхні, що обкатується, досить істотну роль. Дійсно, дискретне переміщення вогнища деформації в напрямку, перпендикулярному до площини обкатування, приводить до появи нового мікропрофілю, обумовленого взаємодією слідів сусідніх проходів ролика. Порухення безперервності і сталості подачі роликів приводить до нерівномірності пластичної деформації, а виходить, і до утворення хвилястості на поверхні, що обкатується. Хвилястість може виникнути й у результаті релаксаційних коливань супорта верстата. Металорізальні верстати розраховані на інше, чим при обкатуванні, співвідношення складових сил різання. Унаслідок цього напрямні супорта знаходяться в несприятливих умовах, що сприяють при великих навантаженнях і малих подачах порушенню

релаксаційних коливань, тобто періодичним зупинкам супорта через розходження коефіцієнтів тертя, спокою і руху в напрямних.

До нерівномірності деформації, а отже, до хвилястості поверхні при обкатуванні можуть привести не тільки коливання подачі. Нерівномірна твердість металу іноді викликає появу хвилястості, особливо при обкатуванні роликками литих деталей. Крім того, на обкатаній поверхні більш помітна хвилястість, що виникла ще в процесі попередньої обробки деталі.

Можливі два способи боротьби з хвилястістю: зменшенням коливань подачі (застосуванням роликів з діаметром, кратним діаметрові деталі) і зменшенням биття роликів. Перший спосіб практично мало зручний — у кожному випадку обкатування необхідно вибирати спеціальний ролик. Більш раціональний другий спосіб. При цьому для зменшення хвилястості варто використовувати ролики з точним робочим профілем, обробленим з базою на настановну поверхню, а також застосовувати надійні підшипники, що виключають додаткову погрішність при установці роликів; після зборки пристосування осьове биття ролика повинне бути не більш 0,01—0,02 мм. До утворення хвилястості можуть привести й інші дефекти роликів: коливання радіуса кривизни, місцеві подряпини, неоднорідна шорсткість робочої поверхні. Усе це усувається точним виготовленням і своєчасним перешліфовуванням роликів у міру їхнього зносу. Істотний вплив на хвилястість робить і кут удавлення ролика. Досвід показує, що для роликів кругового профілю в звичайних виробничих умовах кут вдавлення в осьовому перерізі повинний бути в межах 2—3°.

Для встановлення параметрів технологічного процесу при чистовому обкатуванні деталей роликками кругового профілю у виробничих умовах зручно користуватися номограмою залежності сили від геометричних параметрів ролика і деталі [11].

Таблиця 1.1 - Вплив технологічних параметрів на результати обкатки деталей роликом

Зміна параметра режиму обкатки	Твердість поверхні	Глибина наклепу	Остаточні напруження	Шорсткість поверхні
Збільшення сили обкатки	Значно збільшується	Значно збільшується	Інтенсивно зростають до певної межі, після чого зменшуються	Спочатку знижується на 1-2 класа, потім зростає
Збільшення профільного радіуса ролика	Зменшується	Зменшується	Зростають до максимуму, потім зменшуються	Зростає на 2-3 класа
Збільшення поздовжньої подачі	Зменшується	Незначно зменшується	Має максимум при певній 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

На основі узагальнення експериментальних даних В. М. Браславский [12] побудував графіки залежності сили обкатування, віднесеної до довжини контакту, від діаметра роликів прямолінійного профілю і числа проходів. Ці



графіки рекомендується використовувати при обкатуванні деталей зі сталі 20 із твердістю HB140. Вони дають можливість визначити сили обкатування, що забезпечують зменшення шорсткості з 3—4-го до 7—9-го класів за 1, 2, 4, 8 і 16 проходів роликів.

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

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

Вплив режиму обкатування роликami на результати обробки якісно показані в таблиці 1.1.

## 1.2. Експериментально-розрахункові та інженерні методи визначення напружено-деформованого стану поверхневого шару

Для дослідження деформованого стану обираються методи врахування того, що необхідно дослідити характер зміни стану елементарного об'єму поверхневого шару при його русі відносно інструмента в області джерела деформації. Відповідно це методи твердості та ділильних сіток.

В.М Смелянский [14] досліджував методом мікротвердості сплав ЛС 59-1, на

якому можна отримати великий по величині осередок деформації, а також мале розсіювання твердості. Для обробки обираються режими, які забезпечують отримання великого осередку деформації і велику інтенсивність деформації. Після фіксації джерела деформації зразок розрізали і приготували шліф. Площина шліфа співпадала з меридіональною площиною зразка і включала по довжині частини необроблюваної і оброблюваної ділянок і сам осередок деформації. Вимірювання мікротвердості поверхні шліфа проводили із кроком вимірювання, рівним по довжині 0,4, а по глибині 0,2 мм. Результати вимірювання мікротвердості апроксимувалися поліномом другої степені. По результатам цих вимірювань побудовані і апроксимовані лінії рівної інтенсивності деформацій.

Аналіз отриманих результатів показує, що деформація починається на значній відстані від зони контакту. Найбільший градієнт інтенсивності деформацій по глибині спостерігався в області, що примикає до вершини хвилі. Приріст деформації під вершиною інструмента і за інструментом, відносно невеликий, хоча накопичена деформація максимальна. Результати досліджень показують, що значна частина деформації в поверхневому шарі накопилася до контакту з інструментом.

Метод оцінки деформованого стану вимірюванням твердості, хоча і відносно простий, але має ряд недоліків:

- низьку чутливість в зоні великих інтенсивностей деформацій (більше 0,5);
- неможливість визначення головних компонентів деформацій;

Інформація отримана за допомогою даного методу, відносно обмежена. Значно більшу інформацію про деформований стан забезпечує метод ділильних сіток, хоча він більш складний. Дослідження методом ділильних сіток виконано Смелянским В.М. [5]. Для цього використовувався циліндричний зразок, який складався із двох строго фіксованих відносно одна одної частин, з'єднаних гвинтами по притертим меридіональним площинам. Прямокутна координатна сітка наносилась на площину з'єднання. Вибір меридіональної площини для

нанесення сітки пояснюється тим, що в цій площині деформований стан більш наближається до плоско деформованого, ніж в площині обертання. Кількісне визначення компонентів деформованого стану здійснювали шляхом вимірювання координат вузлових точок сітки відносно нерухомої системи координат. Аналізуючи результати можна прийти до висновку, що в осередку деформації існує три характерні зони: зона I – це зона випереджаючої пластинної деформації, яка розташована перед інструментом; зона II – знаходиться безпосередньо під інструментом; зона III – розташована за інструментом. Напрямок зміщення частинок метала в I і III зонах відносно позаконтактних поверхонь осередку деформації складає кут близько  $45^\circ$ . Тобто частинки метала в осередку деформації двічі міняють напрям свого зміщення. Крім того, за один оберт деталі найбільше зміщення, і, відповідно, швидкість зміщення, має місце в області, що примикає до вершини хвилі, і практично відсутній в області, що примикає до вершини інструмента. Одже реальний процес ППД відрізняється від процесу вдавлювання пуансона, при якому найбільше зміщення має місце під вершиною пуансона. Крім того максимальне значення швидкостей деформацій зосереджено також в області, що примикає до вершини хвилі.

Максимальне значення етапної інтенсивності швидкості деформації зсуву спостерігається на вершині хвилі, в той час як накоплена інтенсивність швидкості деформації зсуву збільшується вздовж всього осередку деформації. Цікаво, що до зустрічі із інструментом поверхня деталі може накопичувати до 50% всієї деформації. На початковій ділянці дуги контакту відбувається збільшення накопленої деформації ще на 25-30%. Під вершиною інструмента інтенсивність етапної деформації відносно невелика. Розподіл накопленої інтенсивності швидкості деформації зсуву по глибині поверхневого шару відбувається по експоненціальному закону, що характерно для ППД.

Експериментальні дослідження деформованого стану з використанням методів мікротвердості і координатних сіток дозволяють зробити наступні висновки:

1. Розподіл компонентів тензора швидкостей деформацій в осередку деформації при ППД має складний закон, обумовлений характерним для ППД полем зміщення частинок металу відносно інструмента.
2. В осередку деформації мають місце три зони з характерним для кожної зони видом деформованого стану. Зміна виду деформованого стану частинок металу відбувається при переході їх з одної зони в іншу в межах перехідної ділянки.
3. Деформація при ППД по своєму характеру є немонотонною, тому визначати накоплену деформацію методом кінцевих деформацій не можна, так як сума логарифмічних етапних деформацій не рівна кінцевій логарифмічній деформації.
4. Найбільше значення інтенсивності швидкостей деформацій мають частинки металу в області, що примикає до вершини хвоста. Інтенсивність швидкостей деформацій під вершиною інструмента зростає.
5. Накопичення деформацій в поза контактній зоні може досягати 50% від загальної деформації.
6. Деформація в першій зоні має позитивний знак, а в другій від'ємний. В цілому по осередку деформації переважає схема деформації, близька до плоскої.

### 1.3. Оцінка пластичності металу в поверхневому шарі

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

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

Відомо, що пластична деформація металу супроводжується його розпушенням [52], яке можна оцінити залишковим відносним збільшенням об'єму. Так як зміна об'єму мала, то в практичних розрахунках використовувати значення пластичного розпушення як міру пластичності дуже важко. Крім того, задача ускладнюється тим, що експериментальні вимірювання зміни елементарних об'ємів в пластичній області практично неможливі.

Тому, виходячи із припущення про існування зв'язку між пластичним розпушенням і накопиченою пластичною деформацією в якості міри пластичності, в більшості випадків, використовують накопичену до моменту руйнування пластичну деформацію [56, 53,54]

$$\epsilon_p = \int_0^{t_p} \dot{\epsilon}_u dt, \quad (1.2)$$

де  $\dot{\epsilon}_u$  - інтенсивність швидкостей деформацій,

$t_p$  - час деформування до руйнування.

Відомо, що величина граничної деформації  $\epsilon_p$  залежить від виду напруженого стану. С.І. Губкін першим запропонував ідею побудови діаграм пластичності, які відтворюють залежність пластичності даного металу від показника  $\eta$ , який характеризує напружений стан [55]

$$\eta = \frac{I_1(T_\sigma)}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{3\sigma}{\sigma_u}, \quad (1.3)$$

де  $I_1(T_\sigma)$  – перший інваріант тензора напружень,  $I_2(D_\sigma)$  – другий інваріант діватора напружень,  $\sigma = \frac{1}{3} \sigma_{ij} \delta_{ij}$  – середнє напруження,  $\sigma_u$  – інтенсивність напружень.

Показник  $\eta$  був також використаний для оцінки пластичності В.А. Бабічковим [56] і для побудови діаграм пластичності в координатах  $e_p$ - $\eta$  Г.А. Смирновим-Аляєвим [57]. Вперше критерій руйнування, оснований на використанні діаграми пластичності запропонував Г.А. Смирнов-Аляєв [57]. Він вважав, що пластична деформація проходить без руйнування, якщо ступінь деформації довільної частинки матеріалу не перевищує граничну деформацію при відповідному напруженому стані

$$\psi = \frac{e_u}{e_p(\eta)} < 1, \quad (1.4)$$

де  $e_p(\eta)$  – діаграма пластичності,

$\psi$  – використаний ресурс пластичності.

Критерій (1.4) відносно простий, але в ньому не враховується вплив історії деформування. В.Л. Калмогоров вперше отримав критерій руйнування, в якому використана гіпотеза про пропорційну залежність густини пошкоджень від ступеня деформації [58]

$$\psi = \int_0^t \frac{\dot{\epsilon}_u d\tau}{e_p(\eta)} < 1. \quad (1.5)$$

Якщо для точки, яка розглядається, показник  $\eta = \text{const}$ , то з урахуванням того, що ступінь деформації  $e_u$  дорівнює

$$e_u = \int_0^t \dot{\epsilon}_u d\tau \quad (1.6)$$

Критерій (1.5) зводиться до критерію (1.4).

Виходячи із нелінійної теорії накопичення пошкоджень, Г.Д. Дель, В.А. Огородніков, В.Г. Нахайчук запропонували критерій здеформовуваності в вигляді [59]

$$\psi = \int_0^{e_u^*} n \frac{e_u^{n-1} de_u}{e_p(\eta)^n} < 1, \quad (1.7)$$

де  $n = 1 + 0.2 \arctg \frac{d\eta}{de_u}$ .

Якщо в точці  $\eta = \text{const}$ , то  $\frac{d\eta}{de_u} = 0$  і критерій (1.6) переходить в (1.4).

В роботах В.А. Огороднікова, Ю.Г. Важенцева, А.А. Богатова, С.В. Смірнова, О.В. Нахайчука, І. О. Сивака [60-64] показано, що залежність пластичності від схеми напруженого стану характеризується двома показниками напруженого стану. В.А. Огородніков вважає, що при об'ємному напруженому стані на пластичність впливає третій інваріант тензора напружень. В роботах [61,62] в якості другого показника напруженого стану використано параметр Надаї-Лоде. Такий підхід дозволив отримати позитивні результати при розробці ряду процесів обробки металів тиском, які реалізуються в умовах об'ємного напруженого стану. Однак в розглянутих роботах немає єдиної точки зору по питанням побудови поверхонь граничних деформацій, а тому, в основному, задача зводиться до внесення певних доповнень та поправок до діаграм пластичності. В роботі [63] отримано критерій пластичності, який за своєю структурою подібний критерію (1.7), але залежність пластичності від схеми напруженого стану в цьому критерії задається поверхнею граничних деформацій в координатах: гранична деформація  $e_p$ , показник напруженого стану  $\eta$ , параметр Надаї-Лоде  $\mu_\sigma$

$$\psi = \int_0^{e_u^*} n \frac{e_u^{n-1} de_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)^n} < 1, \quad (1.8)$$

де  $n = 1 + a \frac{d\eta}{de_u} - b \frac{d\mu_\sigma}{de_u}$ ,

$a, b$  – сталі, які залежать від матеріалу,

$\epsilon_p(\eta, \mu_\sigma)$  – поверхня граничних деформацій.

Достовірність розрахунків граничних деформацій по критерію (1.8) вища, ніж по критеріям (1.5), (1.7), особливо при об'ємному напруженому стані. Основний недолік критерію (1.8) полягає в тому, що для побудови поверхні граничних деформацій  $\epsilon_p(\eta, \mu_\sigma)$  необхідні досить складні і трудомісткі експериментальні дослідження.

Критерії руйнування (1.4), (1.5), (1.7), (1.8) називають деформаційними, оскільки в них за міру пластичності прийнято граничну деформацію  $\epsilon_p$ .

Формування поверхневого шару здійснюється в результаті пластичного (течущого), що відбувається в умовах знакоперемінної деформації при декількох несиметричних і неоднакових циклах навантаження. Тому параметри механічного стану поверхневого шару, в тому числі ступінь вичерпання ресурсу пластичності, для запобігання значної помилки повинні визначатися з врахуванням складної історії навантаження і можливого заліковування дефектів металу при переміні знаку деформації.

Для розрахунку ресурсу пластичності необхідно встановити:

- траєкторію руху частинки поверхневого шару відносно інструменту;
- програму навантаження частинки, що відображає зміну вздовж траєкторії руху інтенсивності деформації зсуву і показника напруженого стану  $n$ ;
- залежність граничної пластичності металу від параметрів напруженого стану (діаграму пластичності металу).

Розрахунок ступені використаного ресурсу пластичності здійснюється по різним моделям руйнування металу. Результати розрахунку залежать від використовуваної моделі.

При розрахунку напруженого і деформованого стану очага деформації при обкатуванні роликком було встановлено, що деформування має немонотоний характер, але всю історію навантаження можна розбити на три зони, в кожній з



яких деформація близька до монотонної. Це позаконтактна зона перед інструментом, контактна зона під інструментом і позаконтактна зона за інструментом. На границях цих зон змінюється вид деформації і умова монотонності процесу в цілому порушується, що може призвести до зменшення інтенсивності росту використаного ресурсу пластичності. Це зменшення можна врахувати за допомогою коефіцієнта  $\alpha$ :

$$\psi = \sum \left[ \frac{e_u}{e_{pj}(\eta_j)} \right]^{\alpha_j(\eta_j)} \quad (1.9)$$

де  $j$  – номер монотонного етапу деформування.

Значення коефіцієнта  $\alpha$  залежить від показника напруженого стану. Враховуючи складність врахування цієї залежності при розрахунках використаного ресурсу пластичності значення  $\alpha$  приймають постійним для кожної ділянки монотонного навантаження.

#### 1.4. Вплив параметрів процесу ППД на технологічну спадковість

Поверхнєве пластичне деформування призводить до значного підвищення характеристик конструктивної міцності деталей машин, виготовлених зі сталей, чавуну, кольорових металів та сплавів; втомлювальної міцності, контактної витривалості, контактної жорсткості. Особливо ефективним є застосування обробки ППД деталей із різноманітними концентратами напружень. Збільшення граничної витривалості при багатоцикловій втомлюваності тим вище, чим більша концентрація напружень. В такому випадку ППД, як зміцнюючий метод обробки має перевагу у порівнянні з термічними і хімічно-термічними методами.

Існують експериментальні роботи, що вказують на підвищення контактної витривалості деталей після обробки ППД. Зміцнення зразків зі сталі 20ХН3А шариком, діаметр якого 10 мм, при тискові 280 кгс/мм<sup>2</sup> підвищили їхню

довговічність при терті кочення на 34-50 % в порівнянні зі шліфованими після цементації і термічної обробки зразками (16).

Л.І. Маркусом встановлено, що зразки, виготовлені зі сталі ШХ15 і зміцненні алмазним вигладжуванням, більш довговічні (при 50%-ній можливості руйнування – в 1,7, а при 10%-ній – в 3,5 рази), ніж зразки, оброблені суперфінішуванням (12).

Відомо, що різноманітні корозійні середовища чинять негативний вплив на втомну міцність деталей. Дослідженнями багатьох учених встановлено, що обробка ППД сприяє усуненню дії агресивних середовищ на втомну міцність. Наприклад, накатування сталі 40Х дозволило повністю ліквідувати вплив корозійного ефекту; деталь мала одну і ту ж границю стійкості при дослідженні на повітрі та у воді (12). Про це ж саме свідчать результати, приведені в табл. І.3 (18).

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

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

Зупинимося більш детально на впливі параметрів стану поверхневого шару на опір втомленості.

При ППД за рахунок пластичної деформації вихідних нерівностей формується шорсткість з малою висотою, великими значеннями відносною опорної довжини профілю, збільшеними радіусами вершин і впадин нерівностей. Така форма нерівностей в порівнянні зі зміцненням металу збільшує зносостійкість пар тертя, контактну жорсткість стиків і знижує здатність поверхонь до зношування. Останнє особливо важливо для гумово-манжетних ущільнень. При роботі в парі з поверхнею, обробленою ППД, спостерігається

суттєве зниження зношування ущільнення і зменшення (в десятки разів) витікання мастила [22].

При ППД формуються поверхні з досить малою шорсткістю і великим радіусом впадин  $r$  нерівностей. З виразу (1.4) слідує, що це має сприятливий вплив на опір втомлюваності. Проте цей вплив завжди проявляється в сукупності з іншими параметрами якості поверхневого шару. Для деталей, що працюють під дією циклічних навантажень, ці параметри мають суттєвіший вплив на довговічність, ніж шорсткість. Це пояснюється тим, що впадини нерівностей мають вплив на опір втомлюваності до тих пір, поки не виникає втомлювана тріщина. Крім того, після зміцнення ППД, втомлювала тріщина часто зароджується під поверхнею на певній глибині. На період розвитку втомлюваної тріщини мають вплив деформаційні зміцнення і знімаючі залишкові напруження.

На відміну від гладеньких деталей, підвищення втомлюваної міцності деталей з концентраторами напруг зв'язується головним чином із сприятливою дією стискуючих залишкових напружень. Вклад кожного параметра якості поверхневого шару в зміцнення багато в чому залежить від властивостей матеріалу і його чутливості до концентрації напруг. Особливе значення вибір матеріалів має для деталей, що працюють на втомність.

При невеликих степенях наклепу (3-10%) і глибині зміцнення 10-20 мкм [5] відбувається ріст якісних властивостей, який обумовлений зниженням дефектів решітки об'єму, протіканням процесу полігонізації, формуванням сприятливої субструктури. В той же час зріст зміцнення знижує пластичність сплавів, підвищує чутливість їх до перевантажень, зменшує тріщиностійкість. Підсилення впливу наклепу на опір втомності зі збільшенням бази дослідження пов'язано з розвитком в жаростійких сплавах при високій температурі дифузійних процесів, що викликають розміщення деформованого шару деталей. Для таких деталей негативний вплив наклепу потрібно видаляти електрохімічною обробкою поверхневого шару чи термообробкою.

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

Отже поверхневий шар деталей машин при обробці ППД формується в результаті пластичного деформування. Із аналізу науково-технічної літератури слідує, що пластична деформація супроводжується накопиченням в металі пошкоджень.

Для оцінки пошкодженості поверхневого шару при обкочуванні на основі деформаційного критерія необхідно встановити зміни показника напруженого стану в поверхневому шарі, розкрити закономірність накопичення пошкодженості в залежності від способу обробки з врахуванням немонотонного характеру деформування, пластичного хвилеутворення і інших особливостей обкочування.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВІНТУ

## 2 ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛІ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

### 2.1 Експериментальні дослідження процесу обкочування роликом

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 2.1. Воно досить просте як за своєю конструкцією так і у використанні. Обкатник кріпиться на токарному верстаті у різцетримачі

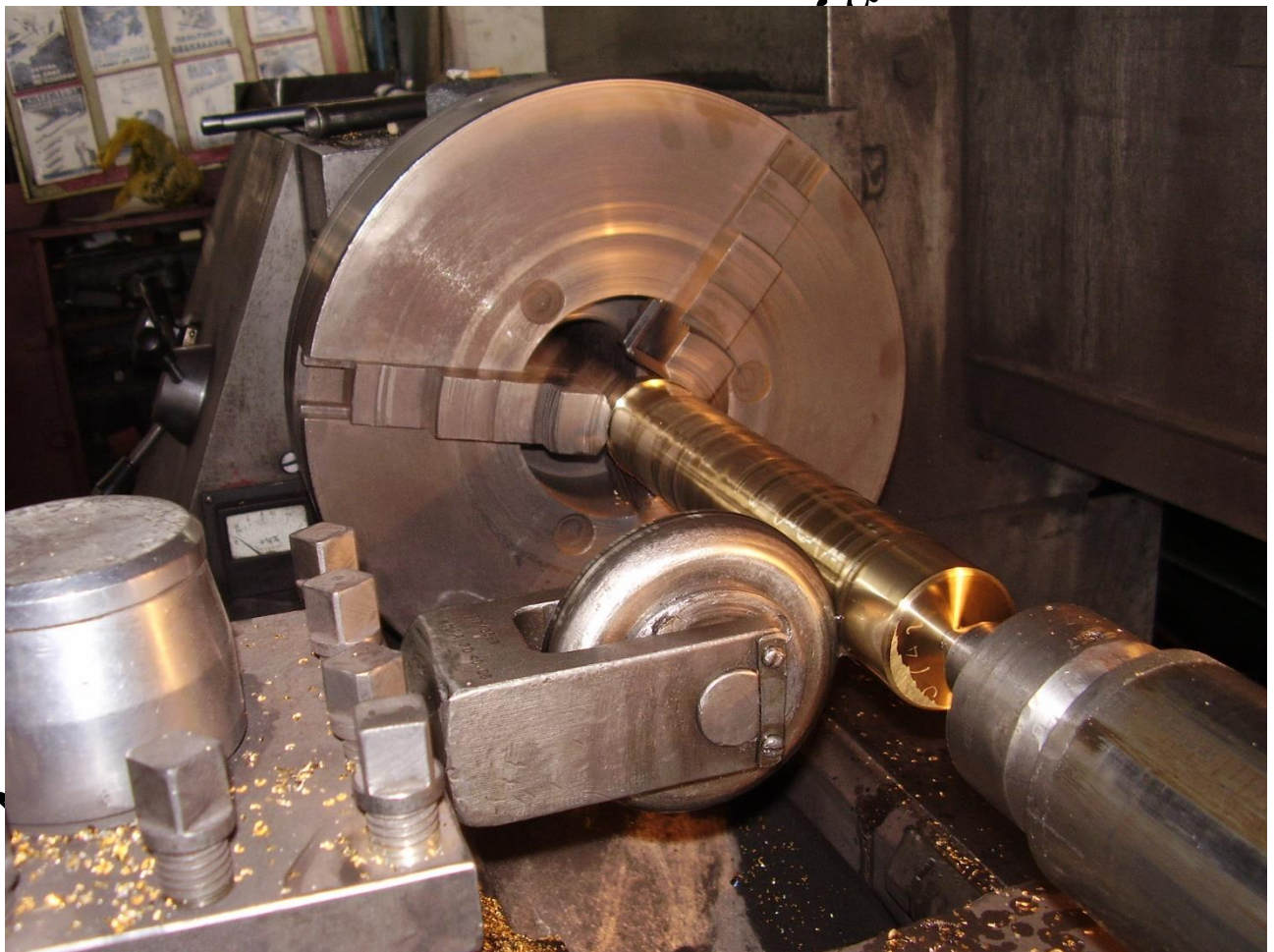


Рисунок 2.1 - Обкатка вала

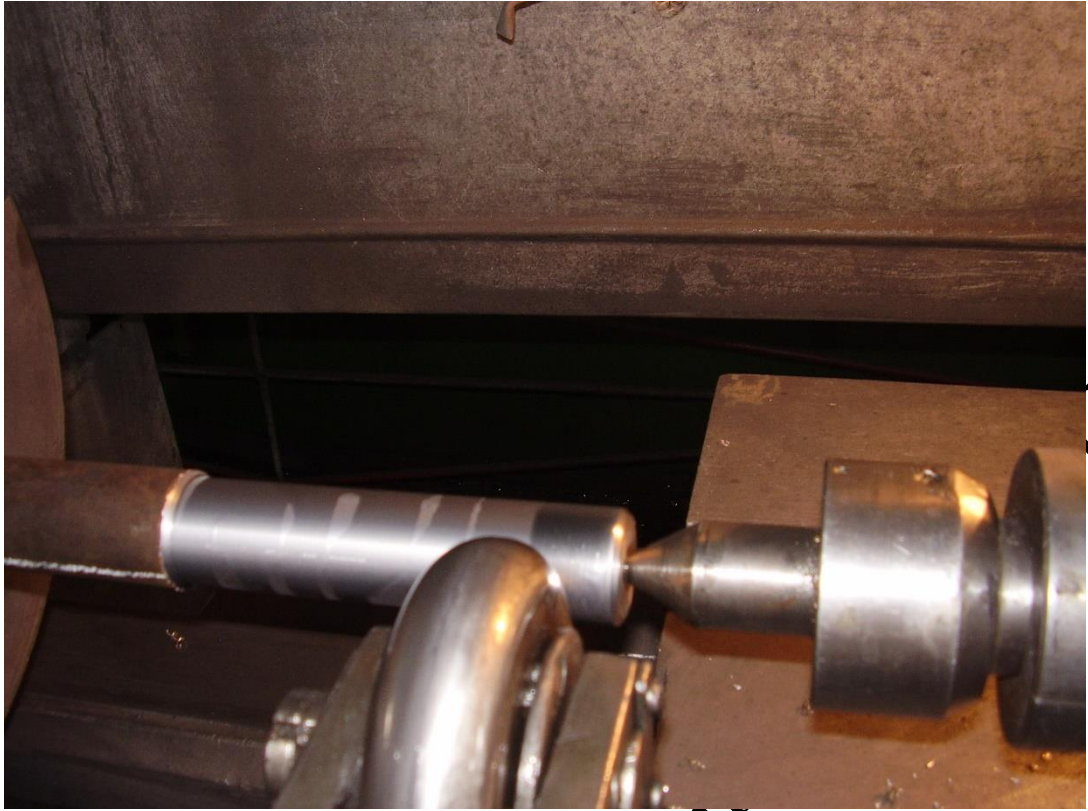


Рисунок 2.2 – Обкатка вала із сталі 10X17H13M2Г з різними режимами обробки

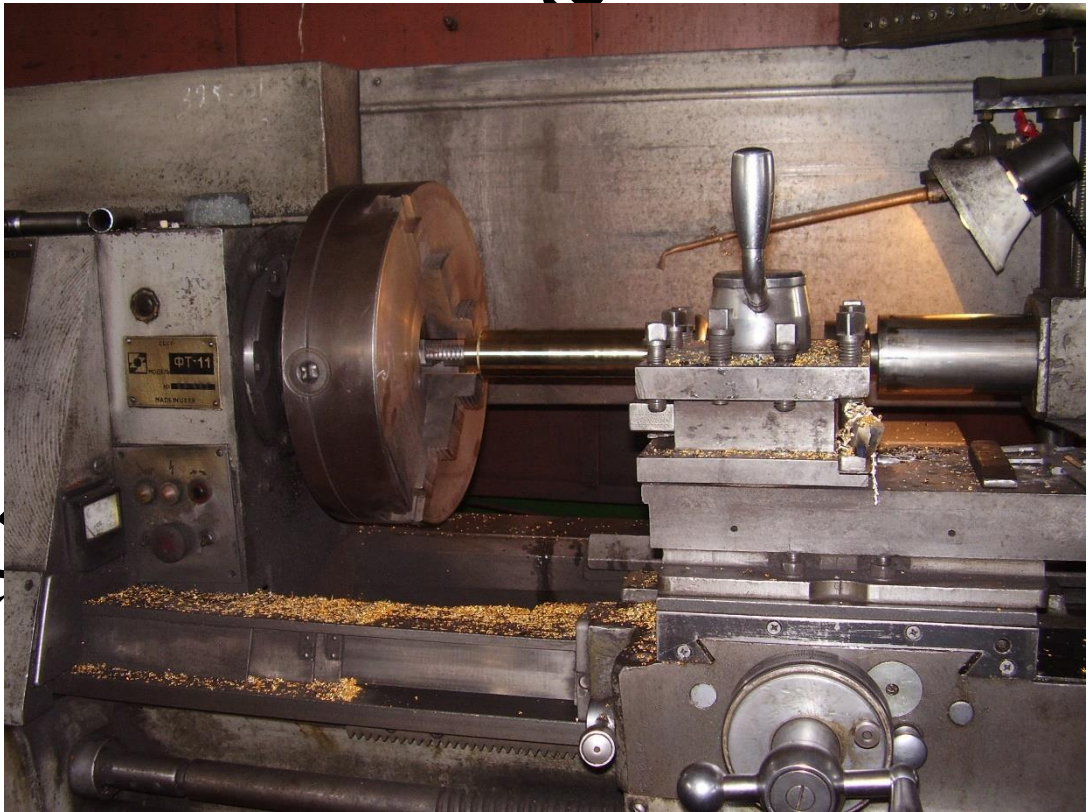


Рисунок 2.3 – Обкатка вала із сталі 10X17H13M2Г з подачею ЗОР

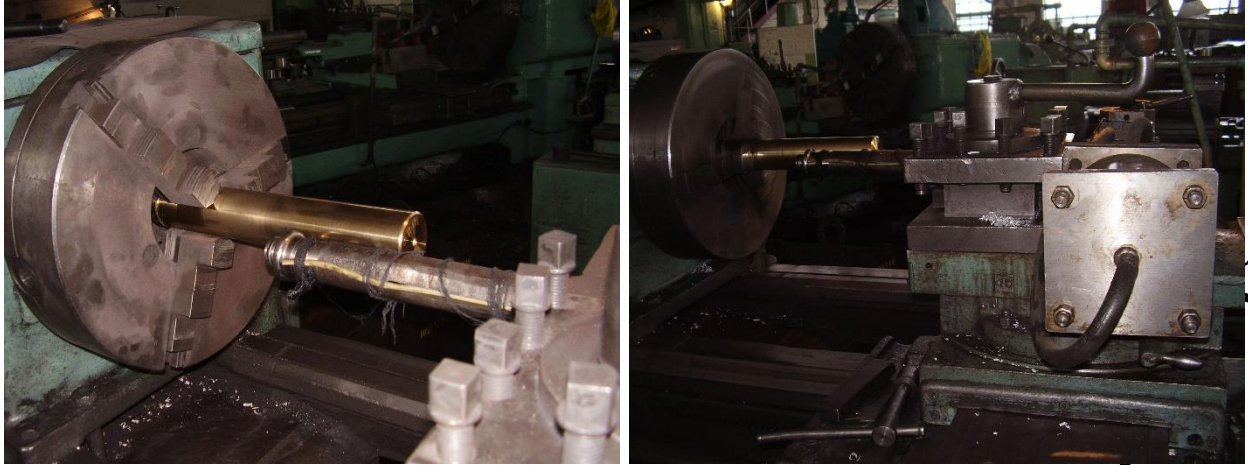


Рисунок 2.4 - Обкатка пристосуванням із пневмозастиком ролика

Для експерименту використано декілька заготовок із різних матеріалів, які обкатувалися із різними подачами, силою обкатки та різною кількістю проходів. На рис. 2.1-2.4 показано пристосування під час обробки. На результати обкатки впливають сила обкатки, профільний радіус ролика, діаметр ролика, поздовжня подача, вихідна твердість і шорсткість заготовки.

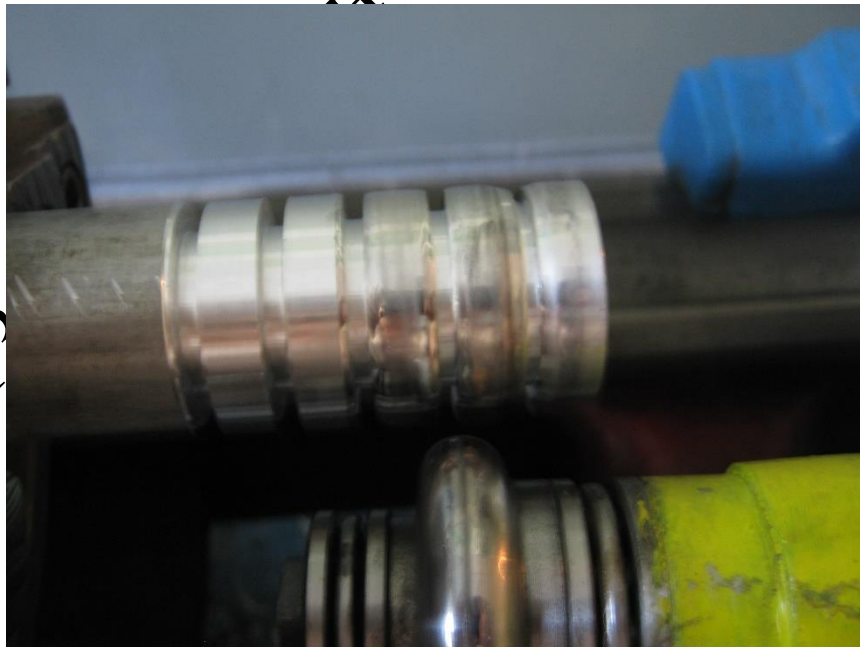


Рисунок 2.5 – Формування заготовок для дослідження



Рисунок 2.6 – Отримані заготовки із сталі 10X17H13M2T

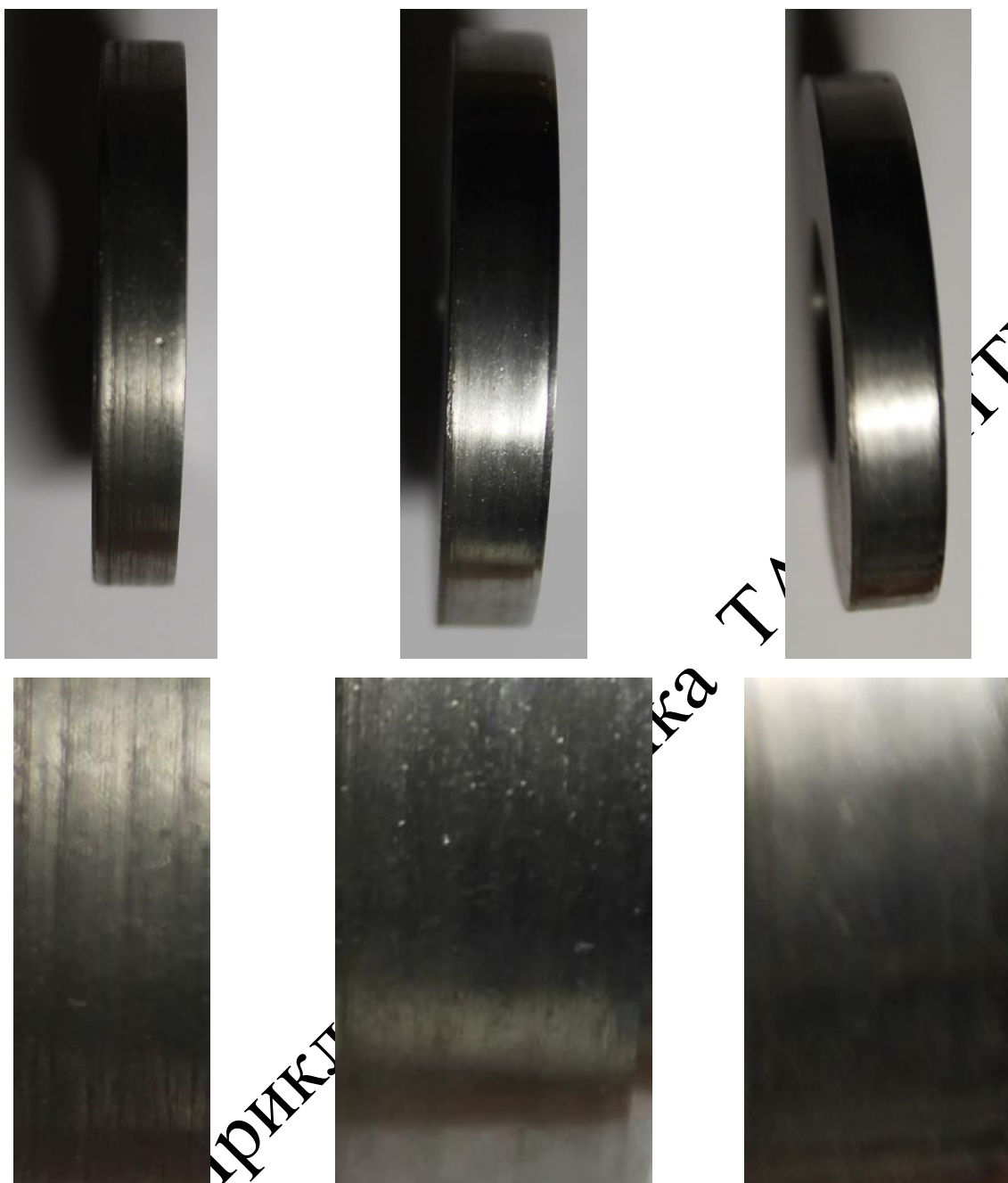
Для того, щоб отримати оптимальні режими обробки, дослідження проводилися азними подачами, частотами обертання силою, різною кількістю проходів та різними роликами ( з різним діаметром та профільним радіусом ролика).

Кожен із факторів має свій вплив то отриману шорсткість поверхні твердість. Наприклад при збільшенні кількості проходів спочатку шорсткість зменшується, а потім різко зростає, що помітно навіть візуально.

Зменшення подачі дозволяло поверхню заготовки. Для того щоб виміряти твердість отриману в поверхневому шарі, виконувалися скоми на поверхні, які потім зшліфовувалися для того щоб зменшити вплив шару металу, що зміцнився при фрезеруванні. При цьому була отримана можливість провести більш точні заміри.

Для цього використовувався стаціонарний твердомір з шаріком з карбіда вольфрама та прилад Брінелля (ТШ-2), що дозволило визначити твердість на поверхні різних заготовок та його розподіл по глибині деталі.





а) подача 0,3 мм/об

б) подача 0,1 мм/об

в) подача 0,05 мм/об

Рисунок 2.7 – Обробка заготовок з різними подачами

Для дослідження наявності зміцненого поверхневого шару і його товщини використовувався електронний мікроскоп (300 кратне збільшення), який підтвердив наявність шару металу із значно більшою твердістю, який візуально навіть відрізняється від іншої структури матеріалу. Такий шар складав до 2,5 мкм при максимальних навантаженнях

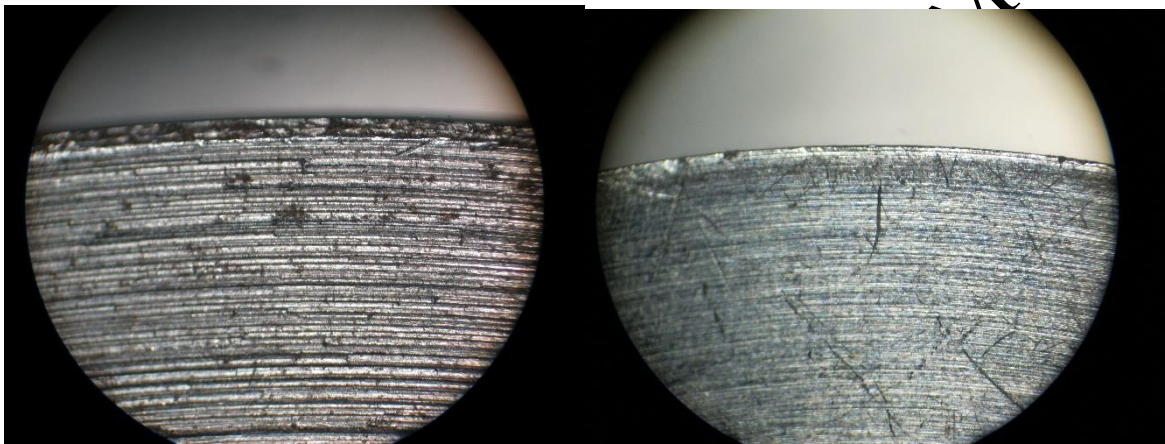
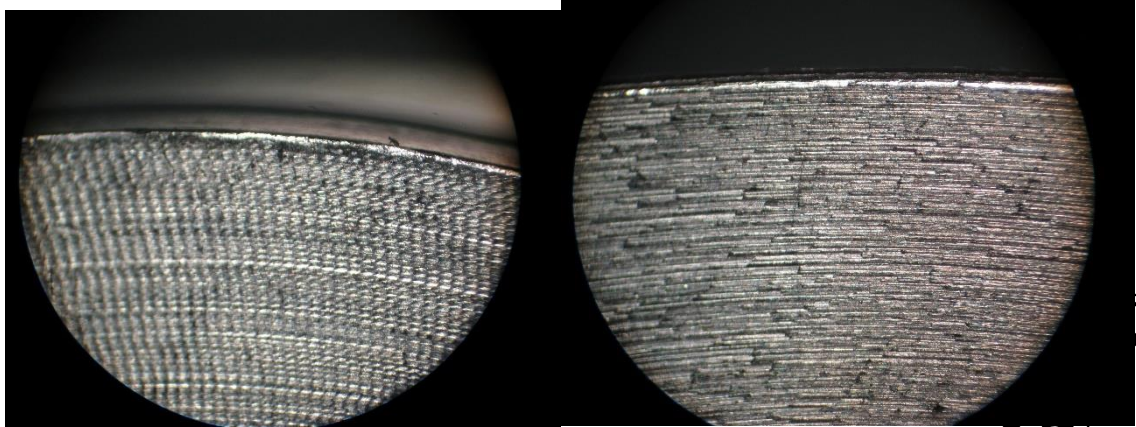


Рисунок 2.8 – Дослідження зразків за допомогою мікроскопу

2.2 Вплив технологічних факторів процесу обточування на якість отриманої поверхні

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

Для різних матеріалів закономірність залежності від подачі зберігається, тобто із збільшенням подачі твердість поверхневого шару після ППД зменшується.

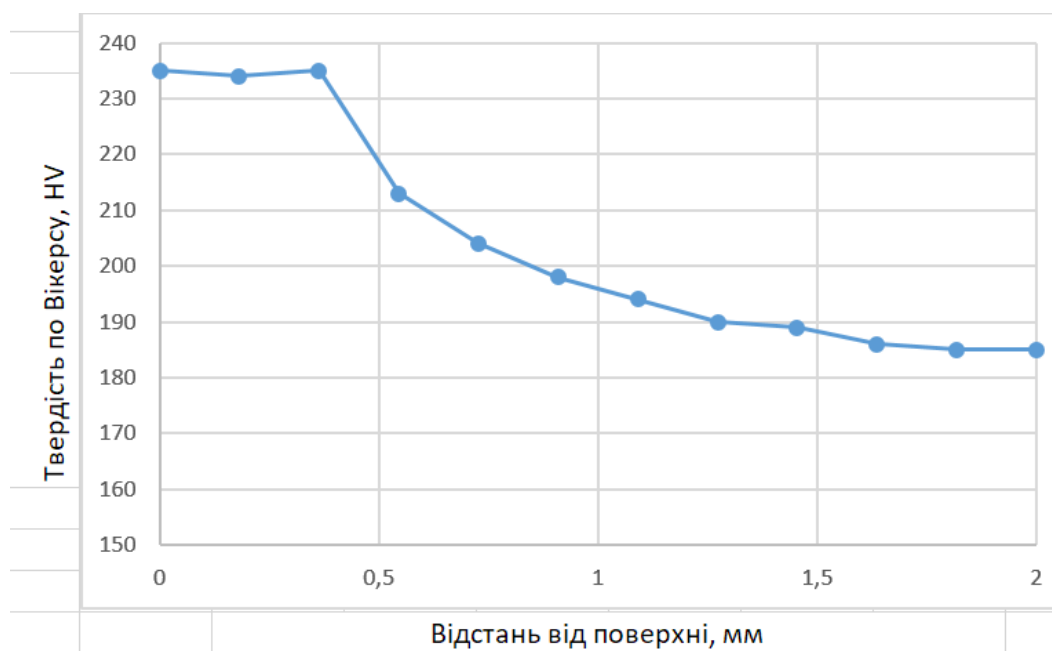


Рисунок 2.9 – Залежність твердості поверхневого шару від відстані від поверхні

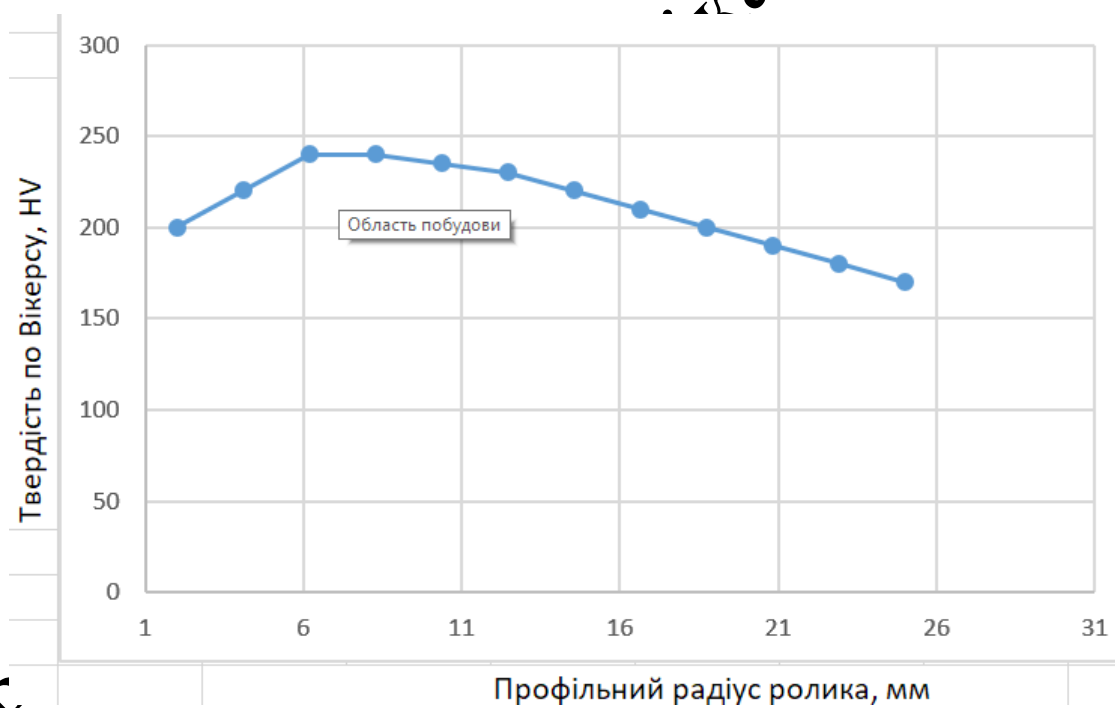


Рисунок 2.10 – Залежність твердості поверхневого шару від профільного радіуса ролика



Рисунок 2.11 – Залежність твердості поверхневого шару від зусилля обкатки

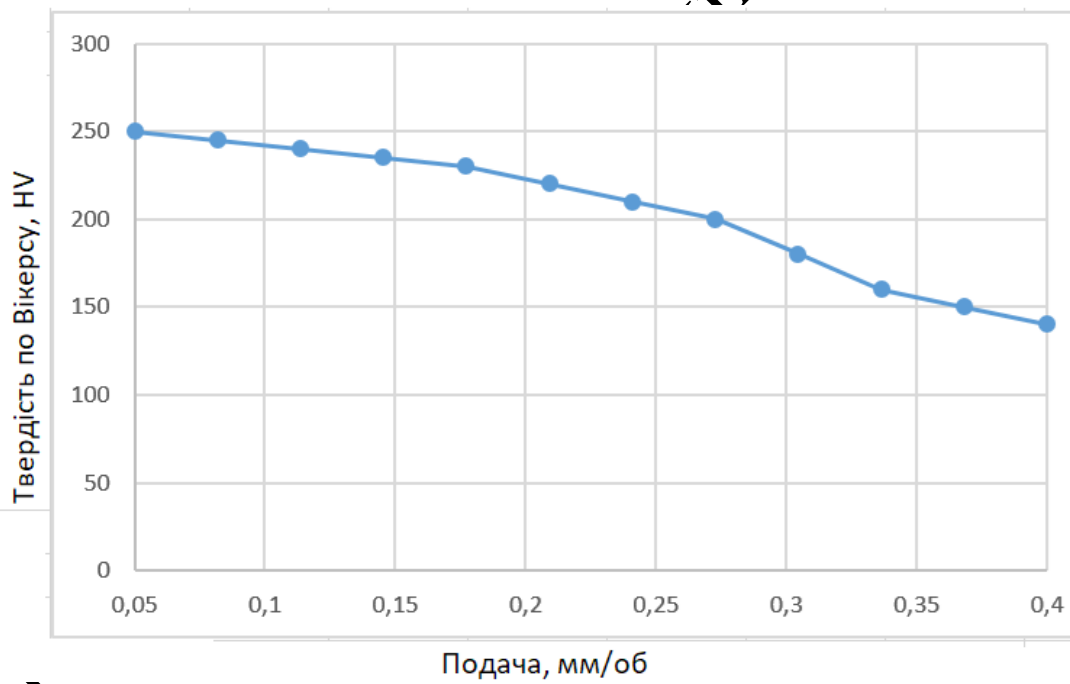


Рисунок 2.12 – Залежність твердості поверхневого шару від подачі



Рисунок 2.13 – Залежність твердості поверхнього шару від відстані від поверхні

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

Шорсткість значно знижується після першого проходу, після другого зацікається 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. 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.

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

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

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

### 3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ВАЛ

#### 54.12.01

##### 3.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (3.1)$$

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;  $\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

Вихідними даними для визначення  $K_{з.о.}$ , а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “ Вал 03-355” і занесені до таблиці 1.1, це точіння циліндричних поверхонь  $\varnothing 35$ ,  $\varnothing 45$ ,  $\varnothing 63$ ,  $\varnothing 33,5$ .

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , для кожного переходу формули для розрахунку записані в таблицю 1.1. Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \quad [хв] \quad (3.2)$$

де  $\varphi_K$  – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_{\varnothing} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (3.3)$$

де  $N = 4500$  шт. – річна програма випуску деталі “ Вал 54.12.01”;  $T_{шт.к.}$  – штучно-

калькуляційний час, хв;  $F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2040$  год);  
 $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,8$ ).  
Наприклад при розточуванні попередньому та остаточному отвору  $\varnothing 76$  отримаємо:

$$C_{p1} = \frac{4500 \cdot 0.95}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.04$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів  $P$  (по одному верстату на кожне робоче місце).

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (3.4)$$

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;  $P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці визначаються:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (3.5)$$

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$ :

$$\sum O_i = 18,26 + 13,98 + 19,43 + 22,65 + 74,36 = 148,69$$



Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$ . Відповідно коефіцієнт закріплення  $K_{з,о}$ :

$$K_{з,о} = 148,69/5 = 29,74$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1. Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – дрібносерійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_о$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_о$ . Якщо  $N_о < Q_о$ , то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_о = \frac{N}{254} \quad (3.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (3.7)$$

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 становить:

$$T_{шт-к_i} = (0,95 + 1,25 + 0,9 + 0,77 + 0,23) / 5 = 0,57 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 3.1 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	$T_{очн, хв}$	$\varphi_k$	$T_{шт.к, хв}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$O$	$K_{з.о.}$
1	Точіння поверхні Ø33,5	0,529	1,8	0,95	0,04	1	0,04	18,26	29,74
2	Точіння поверхні Ø63	0,691	1,8	1,25	0,06	1	0,06	13,98	
3	Точіння поверхні Ø35	0,497	1,8	0,90	0,04	1	0,04	15,43	
4	Точіння поверхні Ø35 остаточно	0,427	1,8	0,77	0,04	1	0,04	22,65	
5	Точіння поверхні Ø45	0,130	1,8	0,23	0,01	1	0,01	74,36	
6	Всього	1,585		2,85				148,6	

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{352}{0,57 \cdot 0,8} = 1335$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{4500}{254} = 18$$

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (3.9)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{4500 \cdot 4}{254} = 71$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 71 шт, але це викличе необхідність за одну зміну запускати декілька партій деталей, якщо ж запускати в одну зміну одну партію то вона складатиме 667 шт.

### 3.2 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:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (3.10)$$

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

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.11)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності

Таблиця 3.2 – Лінійні розміри

Лінійний розмір	1.6	2	18	79	96	3	30.8	35	34.5	45	63	33.8	273	M36	M33
Уніфікований розмір	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+
Лінійний розмір	33,5	4	3	116	93	16	13,8	1	18,6	20	3	1,4	19,5		
Уніфікований розмір	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-
Кількість лінійних розмірів 28							Кількість уніфікованих розмірів 16								

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні		Кутові			
$P_l$	$P_{l,y}$	$P$	$P_y$	Ш	Ш <sub>y</sub>
28	16	4	4	7	7
$Q_{ye}=27$ $Q_e=39$				$K_y = \frac{27}{39} = 0.692$	

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.12)$$

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

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
6	2	6·2=12
9	1	9·1=9
14	29	14·29=406
Всього	32	427

$$T_{cp} = \frac{427}{32} = 13.34$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13.34} = 0.925$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_u = \frac{1}{\overline{Ш}_{cp}}, \quad (3.13)$$

де  $\overline{Ш}_{cp}$  – середня шорсткість поверхні.

$$\overline{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (3.14)$$

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

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість $R_a$ , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	3	3,75
2,5	4	10
12,5	21	262,5
$\overline{Ш}_{cp} = \frac{276.25}{28} = 9.87$		276,25
$K_T = \frac{1}{9.87} = 0.1013$		

Отже виконуються умови:

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

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Деталь містить досить зручні базові поверхні, в якості яких можуть бути використані зовнішні поверхні, хоча бажано створити штучні технологічні бази у вигляді центрових отворів, які будуть використовуватися протягом усього технологічного процесу. Задана точність поверхонь може бути досягнута на верстатах підвищеної точності. Деталь містить ряд уніфікованих елементів. Для механічної обробки важкодоступних місць не має, потреби у спеціальних пристосуваннях та вимірювальних інструментах теж немає.

Деталь містить ряд точних поверхонь 6 квалітету, які можуть бути отримані тонким точінням або шліфуванням. Крім того на одній з поверхонь є шліци, які вимагають додаткового обладнання або пристосувань для їх обробки. На кресленні валу вказано ряд стандартних канавок, які можуть бути отримані стандартним ріжучим інструментом і слугують для виходу шліфувального креуга при обробці точних поверхонь.

В цілому деталь не містить важкодоступних для обробки місць і може бути отримана із вказаними вимогами точності поверхонь та їх взаємного розташування. Тобто деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

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

1) Оскільки матеріал деталі Сталь 10X17H13M2T, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30

мм  
2) Більшість поверхонь деталі мають 14 квалітет точності, тому доцільно обрати метод виготовлення заготовки, що забезпечує дану ступінь точності, це дозволить мінімізувати механічну обробку заготовки. Використовувати штампування на молотах недоцільно, так як даний метод є малопродуктивним і отримувані заготовки мають низьку точність (13...17

квалітет точності та шорсткість 320...40 мкм), крім того процес важко механізувати та автоматизувати, а умови праці важкі. При штампуванні на кривошипних гарячештампувальних пресах продуктивність значно вища, вища також точність заготовок і відповідно вищий коефіцієнт використання матеріалу, відсутні ударні навантаження, кращі умови праці, але вища вартість обладнання, необхідність в додаткових проміжних операціях, зокрема нагрівання металу. Проміжне положення між двома вище вказаними способами отримання заготовки займає штампування на гвинтових пресах. В даному випадку заготовки мають достатню точність – 13-15 квалітет, пристосування є тихохідне і досить легко процес можна механізувати та автоматизувати. При використанні гідравлічних пресів отримуються заготовки високої точності, але стійкість штампів низька, необхідність в охолодженні штампів і як наслідок висока собівартість заготовок. Тобто використовуючи для отримання заготовки штампування на гідравлічних пресах ми можемо отримати отвір, тобто матимемо досить високий коефіцієнт використання матеріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним. Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки деталь містить цілий ряд отворів, які не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

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

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

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

При штампуванні в штампах для витискування поковки мають високу якість поверхні, щільну мікроструктуру. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і

налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

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

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

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

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

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



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

Деталь виготовляється із Сталі 10Х17Н13М2Т, що відповідно містить 0,4% вуглецю, тобто даний матеріал відноситься до другої групи (М2).

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

$$M_{п.р.} = M_d \cdot K_p, \text{ [кг]} \quad (3.15)$$

де  $M_{п.р.}$  – розрахункова маса поковки;  $M_d$  – маса деталі;  $K_p$  – розрахунковий коефіцієнт, що для валу даної конфігурації рівен 1,2 [4].

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.} = 3 \cdot 1,2 = 3 \text{ (кг)}$$

Вал вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M = \pi \cdot 31,5^2 \cdot 273 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 6,646 \text{ (кг)}$$

Відношення маси деталі до маси заготовки:

$$3/6,646 = 0,45$$

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

Площина роз'єму проходитьиме через вісь валу.

Згідно [4] вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні. Основний припуск на механічну обробку поковок визначається в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі для кожного розрахункового розміра. Наприклад для  $\varnothing 35$  згідно [4] він складає 1,6 мм. Аналогічно визначається припуск на інші поверхні, результати занесено до таблиці 2.1. Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4], причому внаслідок наявності двох площин роз'єму їх зміщення впливатиме на всі поверхні які охоплені розрахунковими розмірами. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (Т3) та найбільшого розміру заготовки (273 мм) в даному випадкові складає 0,5 мм.

З врахуванням прийнятих припусків отримаємо розміри заготовки:

$$\varnothing 35 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 39,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 40;$$

$$\varnothing 45 + (1,3 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 49 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 63 + (1,3 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 67 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 36 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 40,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 41;$$

$$\varnothing 20 + (1,6 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = \varnothing 24,6 \text{ (мм) приймаємо } \varnothing 25;$$

$$273 + (1,7 + 0,2 + 0,5 + 1,7) = 277,1 \text{ приймаємо } 277 \text{ (мм);}$$

$$79 + (1,7 - 1,6 + 0,2 + 0,5) = 79,8 \text{ приймаємо } 80 \text{ (мм);}$$

$$96 + (1,7 - 1,3 + 0,2 + 0,5) = 97,1 \text{ приймаємо } 97 \text{ (мм);}$$

$$16 + (1,7 - 1,5 + 0,2 + 0,5) = 16,9 \text{ приймаємо } 17;$$

$$116 + (1,7 - 1,4 + 0,2 + 0,5) = 117 \text{ (мм).}$$

Допустимі відхилення лінійних розмірів поковок призначаються в залежності від вихідного індекса і розмірів поковки за [4]. Отримані дані заносимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані	Штамповка на КГШП									
Клас точності	Т3									
Марка матеріалу	М2									
Ступінь складності	С2									
Індекс	11									
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П									
Припуски: Основні	Розрахункові розміри, мм									
	Ø35	Ø45	Ø63	Ø36	Ø20	79	96	16	116	173
	1,6	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,3	1,5	1,4	1,7
Додаткові: На зміщення поповерхні роз'єму штампа	0,2									
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5									
Радіуси заокруглень	2,5									
	Розміри заготовки									
	40	49	67	11	25	80	97	17	117	277
Допуски: розмірів	1,6	2	1,6	1,6	2	2	1,6	2,2	2,8	
	(+1.1) (-0.5)	(+1.3) (-0.5)	(+1.3) (-0.7)	(+1.1) (-0.5)	(+1.1) (-0.5)	(+1.3) (-0.7)	(+1.3) (-0.7)	(+1.1) (-0.5)	(+1.4) (-0.8)	(+1.8) (-1.0)
Зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,5									
По вигнутості від площинності прямолінійності	1									
Радіусів заокруглень	0,5									
Величини замкнутого облою	0,7									

Допустима величина остаточного облою за лежить від маси поковки, конфігурації поверхні роз'єму і класа точності та призначається згідно ГОСТ 7505-89, і складає 0,7 мм.

Радіуси заокруглень прийняті рівними 2,5 мм, з врахуванням того, що глибина порожнини штампа складає не більше 60 мм, при цьому допуск на радіус заокруглення рівен 0,5 мм.

Для полегшення виймання заготовки із штампу зовнішні поверхні робляться з штампувальним нахилом  $7^\circ$ , а внутрішні поверхні -  $10^\circ$ .

Оскільки, одним із варіантів обрано заготовку із прокату

Розраховуємо граничні розміри заготовки:

$$63 + 2 \cdot 2 = 67 \text{ (мм)}.$$

Найближчий більший гостований прокат 70 ГОСТ 19903-74, [4]

Лінійний розмір 273 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

мм).

Отже, з гостованого  $2000 \times \text{Ø} 70$  мм прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату - ми одержимо 7 заготовок.

При цьому прокат обирають виготовлений за 16 квалітетом точності, і відповідно допуски на отримувані розміри складатимуть:  $200_{-2,9}$ ,  $\text{Ø}67_{-1,9}$ .

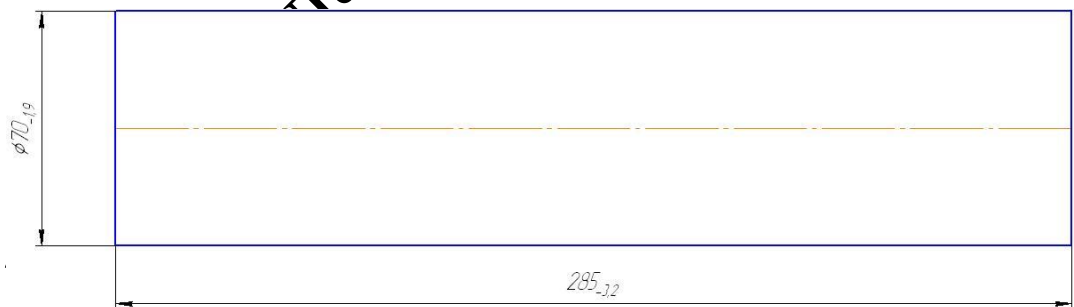


Рисунок 3.1 – Заготовка з прокату

МКР

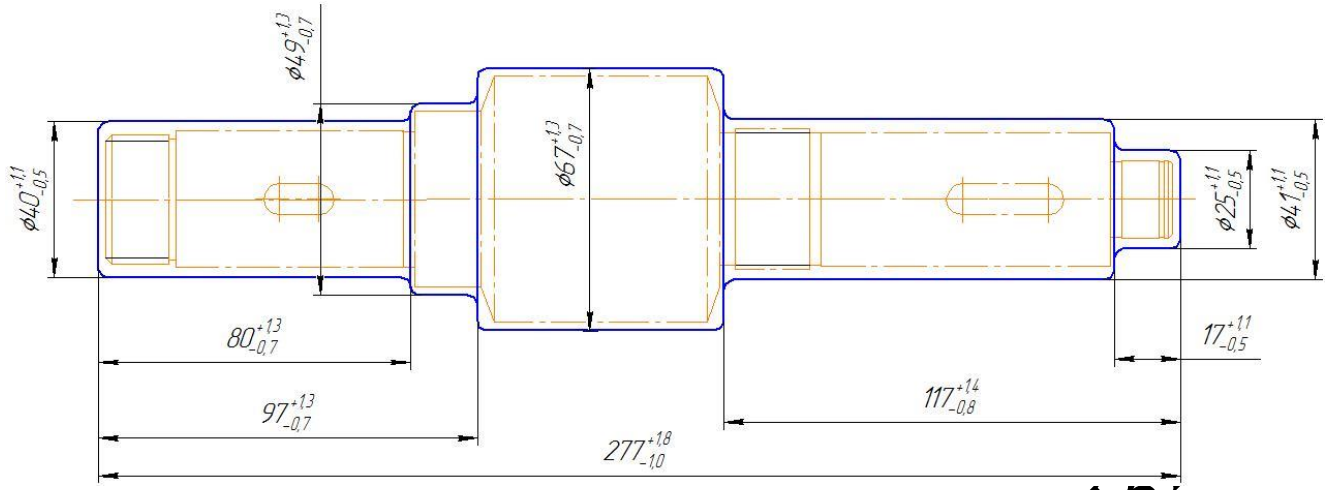


Рисунок 3.2- Заготовка отримана штампуванням на КГШП

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

– КГШП:

МЦХ

Механіка ТАМБ

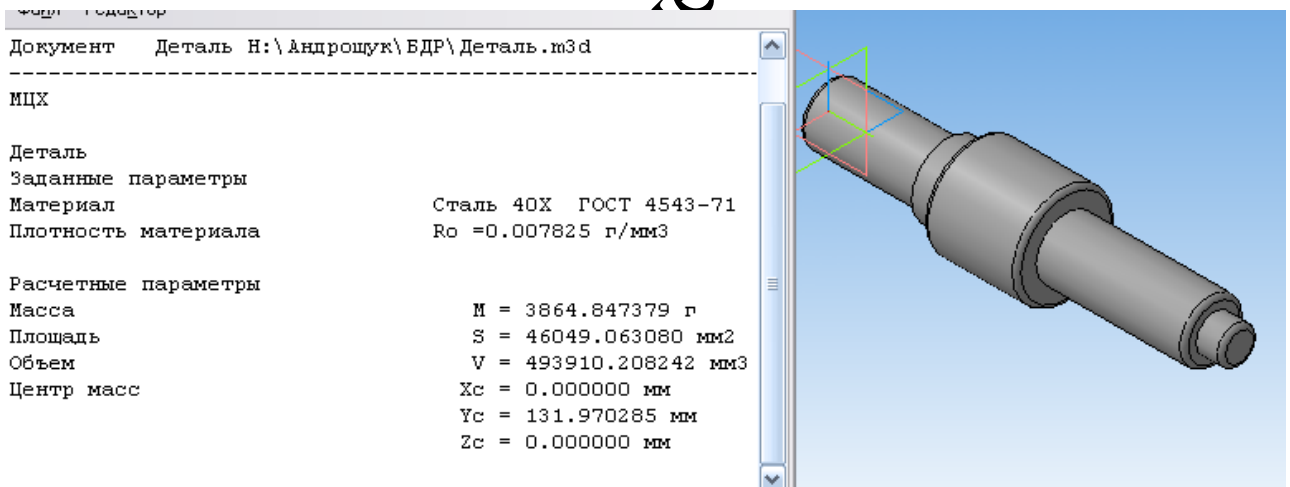


Рисунок 3.3 – Визначення маси заготовки штампованої на КГШП

МКР

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{дет} / G_{заг} = 2,5/3,86 = 0,64$$

– Прокат:

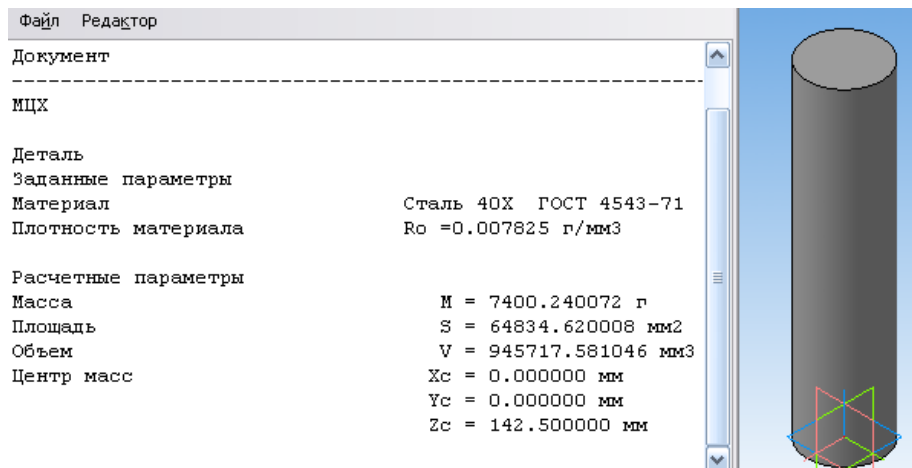


Рисунок 3.4 – Визначення маси заготовки із прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 2,5 / 7,4 = 0,34$$

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

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [4]:

$$C_{\text{заг}} = \left( \frac{G_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left( \frac{G_{\text{заг}} - G_{\text{дет}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх}}, [\text{грн}] \quad (3.16)$$

де  $G_{\text{заг}} = 3,86$  кг – маса заготовки;

$G_{\text{дет}} = 2,5$  кг – маса деталі;

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

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

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

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

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

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

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

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

Штапування на КГШП:

$$C_{заг.шт.} = \frac{3.86 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(3.86 - 1,5)}{1000} \cdot 1520 = 68,33 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{пр.} = \frac{Q_{заг.}}{1000} \cdot C_M - \frac{(Q_{заг.} - Q_{дет.})}{1000} \cdot C_{відх}, [\text{грн}] \quad (3.17)$$

де  $Q_{заг.}$  – маса заготовки, кг;  $C_M$  – вартість 1т матеріалу заготовки, грн;

$Q_{дет.}$  – маса готової деталі, кг;  $C_{відх.}$  – вартість 1т відходів, грн;

$C_M = 10000$  грн.о,  $C_{відх} = 1520$  грн.о

$$C_{заг.шт.} = \frac{7.4 \cdot 10000}{1000} - \frac{(7.4 - 2.5)}{1000} \cdot 1520 = 66,56 \text{ (грн.)}$$

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

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанту одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів

одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.шт.}} + \Sigma C_{\text{обр.}}, [\text{грн}] \quad (3.18)$$

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

$$C_{\text{обр}} = C_{\text{п.-з.}} \cdot T_{\text{шт-к(шт)}} / K_{\text{в}}, [\text{грн}] \quad (3.19)$$

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

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

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт виконання норм,  $K_{\text{в}} \approx 1$

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

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к(шт.)}} = T_{\text{о}} \cdot \varphi_{\text{к}}; [\text{хв}] \quad (3.20)$$

Де основний час при точінні:

$$T_{\text{о}} = 0,17 d l [\text{хв}] \quad (3.21)$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формуою отримуваній після КГШП необхідно обточити поверхні  $\varnothing 40$  довжиною 80мм,  $\varnothing 49$  довжиною 17 мм,  $\varnothing 41$  довжиною 100 мм та  $\varnothing 25$  довжиною 17 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити тричі, основний час складатиме:



$$T_{01} = 0,17 \cdot (40 \cdot 80 \cdot 3 + 49 \cdot 17 \cdot 2 + 41 \cdot 100 \cdot 3 + 25 \cdot 17 \cdot 4 + 67 \cdot 63) \cdot 0,001 = 5,01 \text{ (хв)};$$

$$T_{\text{шт-к(шт.)1}} = 53,01 \cdot 2,14 = 10,72 \text{ (хв)};$$

$$C_{\text{обр}} = 10,72 \cdot 0,63 / 1,3 = 5,2 \text{ (грн)};$$

$$C_{\text{заг}} = 66,56 + 5,2 = 71,76 \text{ (грн)}.$$

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

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

Дану деталь можна вінести до типу валів. Оскільки вона має значну довжину з невеликими перепадами зовнішніх діаметрів. В машинобудуванні широко поширені деталі типу вал – ступінчасті з різними перепадами діаметрів. В наш час розроблені типові технологічні процеси механічної обробки валів на основі різноманітності їх в різних типах виробництва.

Основними базами більшості валів є поверхні його опорних шийок. Але використати їх в якості технологічних баз при обробці зовнішніх поверхонь, як правило, важко, особливо при умові збереження постійності баз, що дуже важливо при автоматизації технологічного процесу. Тому в більшості операцій за технологічні бази приймають бази центрових отворів з обох торців заготовки, що дозволяє обробляти майже всі зовнішні поверхні валу на єдиних базах з установкою в центрах. В зв'язку з цим механічну обробку валів розпочинають з підготовки технологічних баз – підрізання торців і їх зацентровки.

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

При обробці валів в центрах для витримування лінійних розмірів від постійної бази рекомендується використовувати плаваючі передні центра з упором торцю заготовки в упорне кільце. Це дозволить уникнути похибки по глибині зацентровки. В дрібносерійному виробництві для більш ефективного використання гідравлічних супортів доцільно використовувати групову обробку, тобто обробку валів декількох типорозмірів, що відрізняються розмірами в межах групи, з мінімальним переналагодженням і в ряді випадків лише з невеликою корекцією лімбаом гідравлічного супорта. Це на 80-85% зменшує час налагодження.

В серійному виробництві широке поширені багаторізцеві і токарно-копіювальні верстати, напівавтомати і автомати. Однопрохідна копіювальна і однопрохідна багаторізцева обробка жорстких валів забезпечують точність по 9-11 квалітетам. Багаторізцева обробка може бути ефективніша копіювальної для валів, що мають велику довжину і діаметр і великі перепади діаметрів, так як в повздовжньому супорті можна встановити більшу кількість різців. Однак велике збільшення сил різання може привести до деформації оброблюємого валу, а це змушує понижувати подачу в порівнянні з подачею при обробці на копіювальному верстаті. Тому в кожному конкретному випадкові при кінцевому виборі методу обробки потрібно приймати до уваги результати розрахунків на точність і економічну доцільність.

Сучасні токарно-копіювальні верстати на 50...100% продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні. На таких верстатах можна обробляти зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні; їх порівняно легко переналагодити при переході на обробку інших деталей. Крім того, верстати мають відкриту робочу зону, що дозволяє сквозне транспортування деталі при вбудові їх в автоматичні лінії.

На токарно-копіювальних нових моделях можна виконувати токарну обробку багаторізцевим супортом, а чистове точіння – однорізцевим копіювальним супортом, причому при закріпленні валу торцевим поводком обробку можна вести з одного установа. Останні моделі деяких токарно-

копіювальних верстатів мають декілька ( до п'яти) копіювальних супортів, що переміщуються незалежно один від одного. Вони дозволяють вести незалежну обробку. Кожний на своїй ділянці, що значно підвищує продуктивність верстата. Використання такого верстата особливо доцільно, коли на деяких ступінях валу є великий припуск, який неможливо зняти за один робочий хід.

Схема технологічних процесів виготовлення деталей типу вал наведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технологічна схема виготовлення деталей класу вал

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання кінцевих поверхонь ступеней валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатошпиндельний чи багатоінструментальний напівавтомат
015	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з іншої сторони, а також підрізання оброблюваних шийок валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатошпиндельний чи багатоінструментальний напівавтомат
020	Токарна Точіння поверхонь шийок валу під шліфування і кінцеве підрізання торців ступеней валу . Технологічна база – центрові отвори валу	Токарний багаторіцевий, гідрокопіювальний багатошпиндельний

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
025	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з припуском під шліфування і кінцева підрізка ступеней валу з іншої сторони. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатопшпindelний
030	Проміжний контроль	
035	Термічна обробка	
040	Шліфувальна Попереднє шліфування шийок валу в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – центрові отвори	Круглошліфувальний напівавтомат
045	Шліфувальна Кінцеве шліфування поверхонь шийок валу відповідно до розмірів на робочому кресленні і шорсткостей поверхонь. Технологічна база – центрові отвори	Круглошліфувальний напівавтомат
050	Кінцевий контроль	

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

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних

розмірів, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

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

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad 3) \quad (3.22)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_d$ , – допуск деталі.

4)  $T_3$ , – допуск заготовки;

$T_i$  – окремого ступеня обробки.

Відповідно до наведених вище вимог для усіх поверхонь визначена кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки.

Наприклад для розміру  $\varnothing 35$  загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = 1,6 / 0,016 = 100$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0.46 \quad (3.23)$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$N = \lg 100 / 0.46 = 4,35$$

Отже можна проводити обробку за чотири або п'ять переходів механічної обробки. Для зменшення трудомісткості приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5,6; \varepsilon_2=4,6; \varepsilon_3=3;$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_2=\varepsilon/\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \quad (3.24)$$

Тобто:

$$\varepsilon_4=100/5,6 \cdot 4,6 \cdot 3=1,29$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1=1,6/5,6=0,286 \text{ (мм)}$$

Що відповідає 12 квалітету точності поверхні. Після другого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 9 квалітету, а вже після третього переходу - 7 квалітету, після четвертого переходу механічної обробки відповідно отримаємо поверхню 6 квалітету точності. Оскільки обробляється зовнішня поверхня валу, то доцільно використати метод обробки – точіння, а остаточний - шліфування.

Метод обробки і кількість ступенів механічної обробки визначається аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
Ø35	$\varepsilon=1,6/0,01$ $\delta=100$	$\varepsilon_1=5,6$ $\varepsilon_2=4,6$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,29$	$T_1=286$ $T_2=62$ $T_3=20$ $T_4=16$	12 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
Ø63	$\varepsilon=2/0,62=$ $=3,22$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=1,5$	$T_1=400$ $T_2=100$ $T_3=65$	12 10 9	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне
Ø45	$\varepsilon=2/0,62=$ $=3,22$	$\varepsilon_1=3,22$	$T_1=52$	14	Точіння
Ø20	$\varepsilon=1,6/0,02$ $\delta=76,19$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,27$	$T_1=320$ $T_2=80$ $T_3=27$ $T_4=21$	13 10 8 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
Ø36	$\varepsilon=1,6/0,6$ $\delta=2,58$	$\varepsilon_1=2,58$	$T_1=620$	14	Точіння

## 3.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз потрібно мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. Відповідно за чистові бази запропонована схема базування в центрах, вона показана на рисунку 3.5.

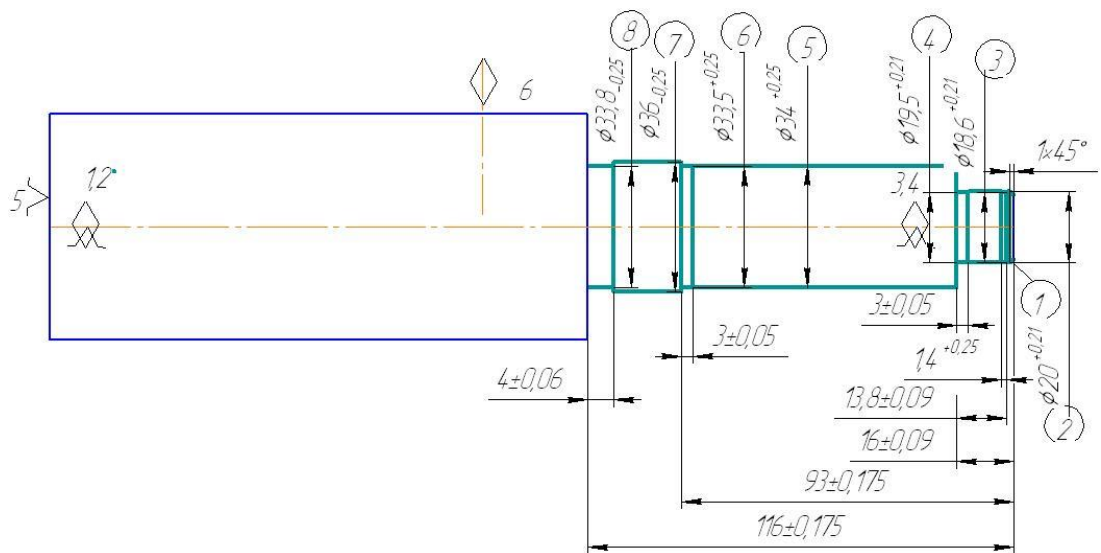


Рисунок 3.5 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Таблиця 3.9 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø33,8, Ø36, Ø33,5, Ø34, Ø19,5, Ø18,6	відсутня	Діаметральні розміри
	4, 3, 3, 1,4	відсутня	Обробка з одного установка
	138,16,93	присутня	Рівна допускові на розмір 273 (0,08 мм), що не перевищує допуск на жодний розмір



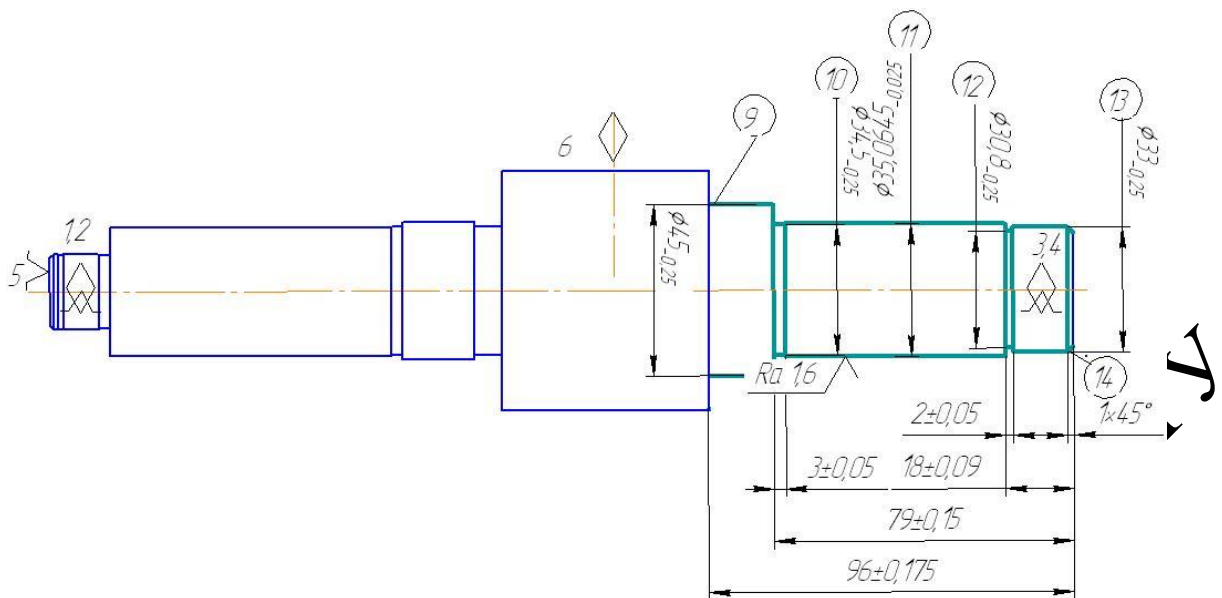


Рисунок 3.6 – Чистові технологічні бази (операція 015)

Таблиця 3.10 – Аналіз вибору технологічних баз для операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø35,05, Ø34,5, Ø30,8, Ø33, Ø31,5	відсутня	Діаметральні розміри
	2, 3	відсутня	Обробка з одного установа
	18, 79, 96	присутня	Рівна допускові на розмір 273 (0,08 мм), що не перевищує допуск на жодний розмір

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

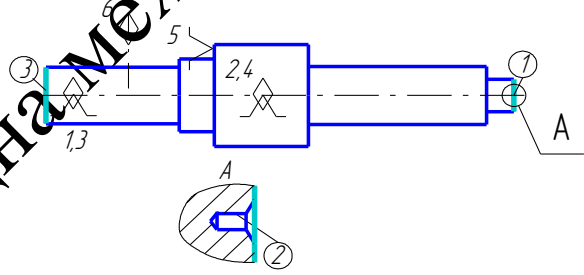
В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування на

призми Це забезпечить зняття рівномірного мінімального припуску із площини, яка використовується в якості установчої бази.

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

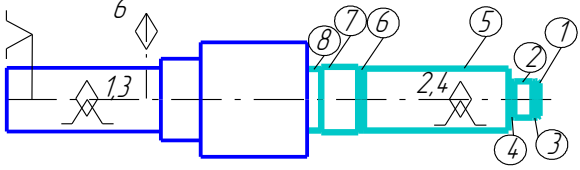
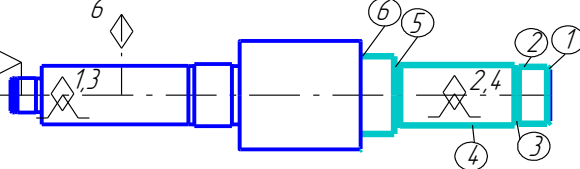
Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній.

Таблиця 3.11 -Маршрут механічної обробки

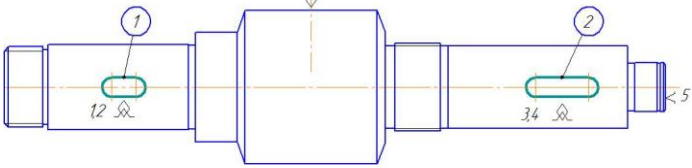
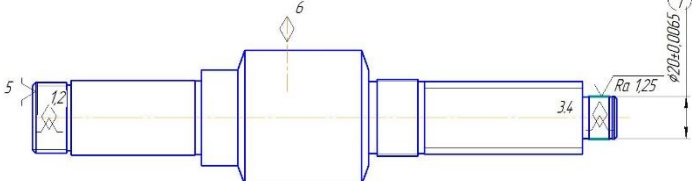
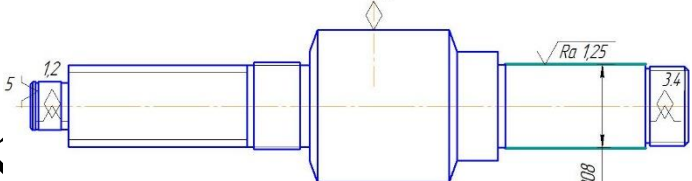
Номер операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстату
005	<p><u>Фрезерно-центрувальна</u></p> <p>1 Встановит деталь</p> <p>2 Фрезерувати торець 1</p> <p>3 Свердлити центрувальний отвір</p> <p>3 Фрезерувати торець 3</p> <p>4 Свердлити центрувальний отвір 4</p> <p>5 Зняти деталь</p>		MP71



Продовження таблиці 3.11

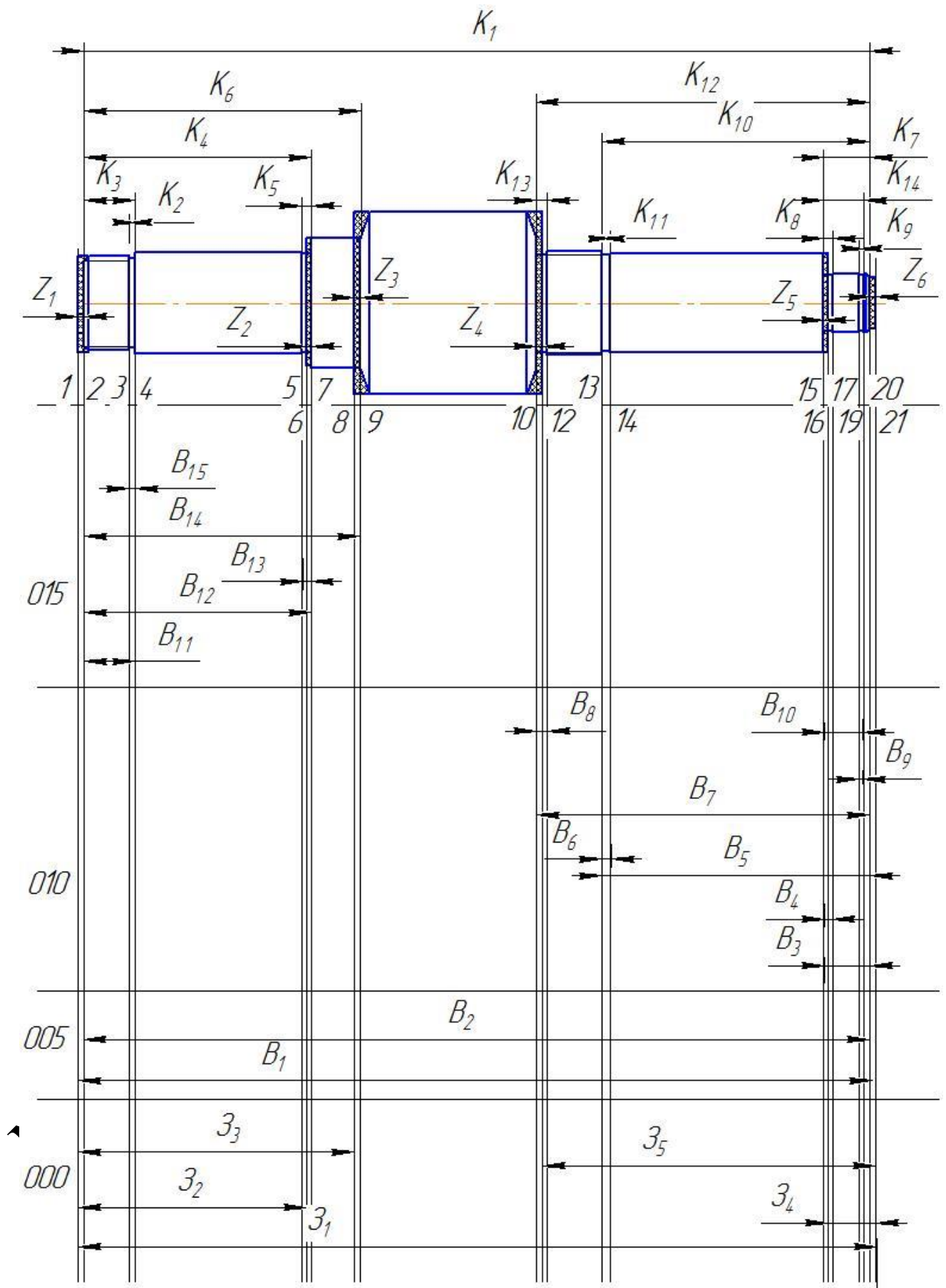
1	2	3	4
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити заготовку</p> <p>2 Точити попередньо поверхні 1, 2, 5, 6, 7.</p> <p>3 Точити попередньо поверхню 2</p> <p>4 Точити остаточно поверхню 2</p> <p>5 Точити канавку 3</p> <p>6 Точити канавку 4</p> <p>7 Точити канавку 8</p> <p>8 Нарізати різь на поверхні 7</p> <p>9 Зняти деталь</p>		16K20Ф3
015	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити заготовку</p> <p>2 Точити попередньо поверхні 1, 2, 4, 6</p> <p>3 Точити попередньо поверхню 4</p> <p>4 Точити остаточно поверхню 4</p> <p>5 Точити канавку 3</p> <p>6 Точити канавку 5</p> <p>7 Нарізати різь на поверхні 2</p> <p>8 Зняти деталь</p>		16K20Ф3

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
020	<p><u>Фрезерна з ЧПУ</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати паз 1</p> <p>3 Фрезерувати паз 2</p> <p>4 Зняти деталь</p>		6P13Ф3
025	<p><u>Токарна</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обкотити поверхню 1</p> <p>3 Зняти деталь</p>		16K20
030	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обкотити поверхню 1</p> <p>3 Зняти деталь</p>		16K20

## 3.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри слід розташовувати таким чином, що мінімізувати похибку базування і забезпечити можливість його контролю універсальним інструментом. Наприклад технологічний розміри  $V_1, V_2$  зв'язують два торця, що дозволяє легко проконтролювати розмір, наприклад, за допомогою штангенциркуля. Розташування розмірів  $V_3, V_4, V_5$  забезпечує мінімальну похибку базування на ці розміри. Аналогічно розміри  $V_6, V_7$  зв'язують поверхні, що отримуються із одного установа



Рисунки 3.7 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Таблиця 3.12– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$
Попередні значення допусків	1,3	0,74	0,43	0,87	0,87	0,81	0,52	0,18	0,12	0,35
Розміри заготовки	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$
Попередні значення допусків	0,12	0,35	0,12	0,25	0,18	0,18	0,3	0,12	0,35	0,12

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

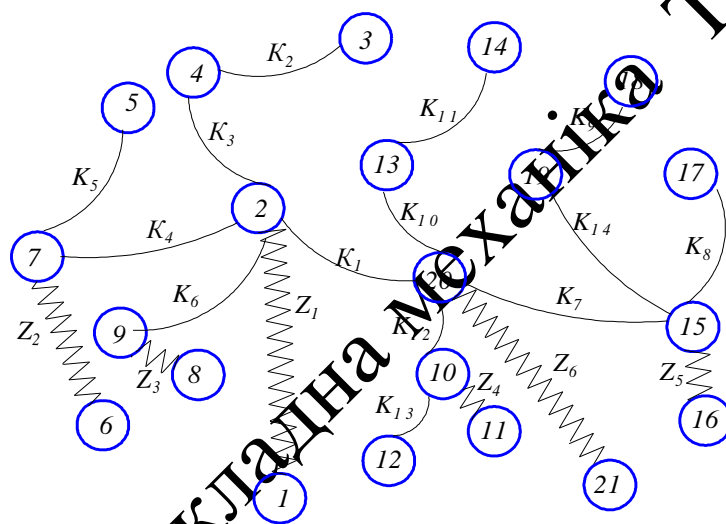


Рисунок 3.8 – Вихідний граф-дерево

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

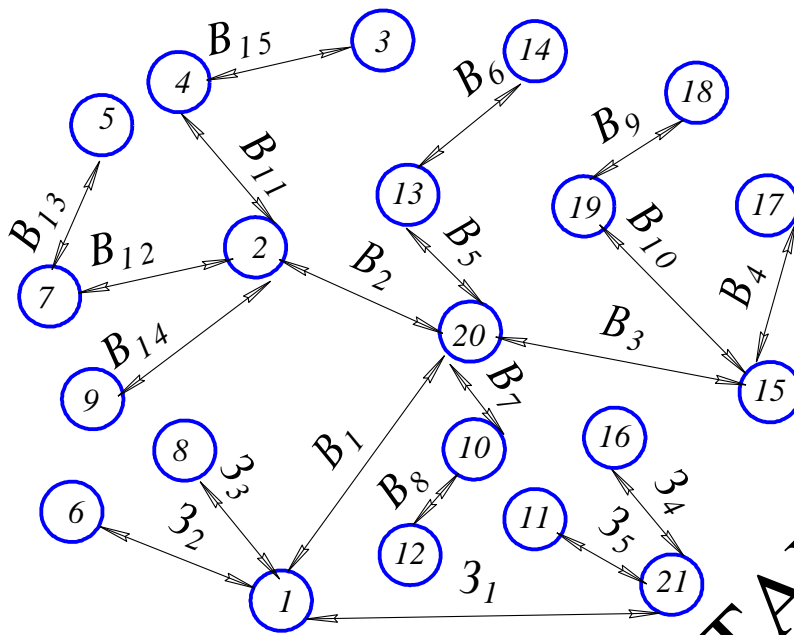


Рисунок 4.5 – Похідний граф-дерево

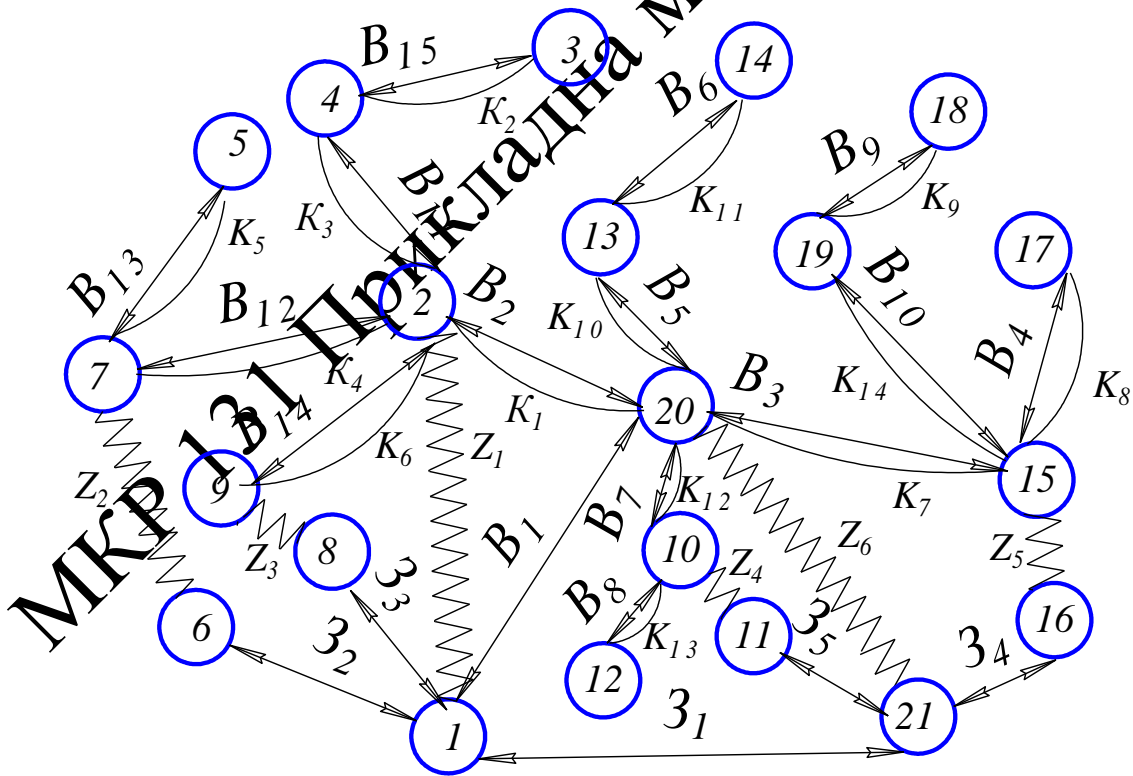


Рисунок 3.9 – Суміщений граф-дерево

ТАМ ВНТУ

Механіка прикладна



Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [6]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці валу, які входять в один діапазон і обробляються: кожен за один прохід, то мінімальний припуск буде однаковий для всіх торців, тобто:

$$Z_{1 \min} = Z_{2 \min} = Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = Z_{5 \min} = Z_{6 \min} = 0,6 \text{ мм}$$

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.5

Таблиця 3.13 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	$B_2$
$B_3 - K_7 = 0$	$B_3 = K_7$	$B_3$
$B_4 - K_8 = 0$	$B_4 = K_8$	$B_4$
$B_5 - K_{10} = 0$	$B_5 = K_{10}$	$B_5$
$B_6 - K_{11} = 0$	$B_6 = K_{11}$	$B_6$
$B_7 - K_{12} = 0$	$B_7 = K_{12}$	$B_7$
$B_8 - K_{13} = 0$	$B_8 = K_{13}$	$B_8$
$B_9 - K_9 = 0$	$B_9 = K_9$	$B_9$
$B_{10} - K_{14} = 0$	$B_{10} = K_{14}$	$B_{10}$
$B_{11} - K_3 = 0$	$B_{11} = K_3$	$B_{11}$
$B_{12} - K_4 = 0$	$B_{12} = K_4$	$B_{12}$
$B_{13} - K_5 = 0$	$B_{13} = K_5$	$B_{13}$
$B_{14} - K_6 = 0$	$B_{14} = K_6$	$B_{14}$
$B_{15} - K_2 = 0$	$B_{15} = K_2$	$B_{15}$
$B_2 - B_1 + Z_1 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_1$	$B_1$
$3_1 - B_1 - Z_5 = 0$	$Z_5 = 3_1 - B_1$	$3_1$
$3_2 - B_{12} - Z_1 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_{12} + Z_1 - 3_2$	$3_2$
$3_3 - B_{14} - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_{14} + Z_1 - 3_3$	$3_3$
$3_4 - B_3 - Z_6 + Z_5 = 0$	$Z_5 = B_3 + Z_6 - 3_4$	$3_4$
$3_5 - B_7 - Z_6 + Z_4 = 0$	$Z_4 = B_7 + Z_6 - 3_5$	$3_5$

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

$$B_2 = K_1 = 273^{\pm 0.26}$$

$$B_{2 \min} = 272,74 \text{ мм}; B_{2 \max} = 273,26 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = K_7 = 16^{\pm 0.09}$$

$$B_{3 \min} = 15,91 \text{ мм}; B_{3 \max} = 16,09 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = K_8 = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{4 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{4 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = K_{10} = 93^{\pm 0.175}$$

$$B_{5 \min} = 92,825 \text{ мм}; B_{5 \max} = 93,175 \text{ (мм)};$$

$$B_6 = K_{11} = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{6 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{6 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = K_{12} = 116^{\pm 0.175}$$

$$B_{7 \min} = 115,825 \text{ мм}; B_{7 \max} = 116,175 \text{ (мм)};$$

$$B_8 = K_{13} = 4^{\pm 0.06}$$

$$B_{8 \min} = 3,94 \text{ мм}; B_{8 \max} = 4,06 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = K_9 = 1,4^{+0.25}$$

$$B_{9 \min} = 1,4 \text{ мм}; B_{9 \max} = 1,65 \text{ (мм)};$$

$$B_{10} = K_{14} = 13,8^{\pm 0.09}$$

$$B_{10 \min} = 13,71 \text{ мм}; B_{10 \max} = 13,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{11} = K_3 = 18^{\pm 0.09}$$

$$B_{11 \min} = 17,91 \text{ мм}; B_{11 \max} = 13,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{12} = K_4 = 79^{\pm 0.15}$$

$$B_{12 \min} = 78,85 \text{ мм}; B_{12 \max} = 79,15 \text{ (мм)};$$

$$B_{13} = K_5 = 3^{\pm 0.06}$$

$$B_{13 \min} = 2,94 \text{ мм}; B_{13 \max} = 3,06 \text{ (мм)};$$

$$B_{14} = K_6 = 96^{\pm 0.175}$$

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВНТУ

$$B_{14 \min} = 95,825 \text{ MM}; B_{14 \max} = 96,175 \text{ (MM)};$$

$$B_{15} = K_2 = 2^{\pm 0.06}$$

$$B_{15 \min} = 1,94 \text{ MM}; B_{15 \max} = 2,06 \text{ (MM)};$$

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

$$B_{1 \min} = Z_{1 \min} + B_{2 \max} = 0,6 + 273,26 = 273,86 \text{ (MM)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + IT(B_1) = 273,86 + 0,8 = 274,66 \text{ (MM)}.$$

$$B_1 = 274,26^{\pm 0.4}$$

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

$$Z_{1 \max} = 274,66 - 272,74 = 1,92 \text{ (MM)}$$

$$Z_{6 \min} = 3_{1 \min} - B_{1 \max}$$

$$3_{1 \min} = Z_{6 \min} + B_{1 \max} = 0,6 + 274,66 = 275,26 \text{ (MM)};$$

$$3_{1 \max} = 3_{1 \min} + IT(3_1) = 275,26 + 1,3 = 276,56 \text{ (MM)}.$$

$$3_1 = 275,91^{\pm 0.65}$$

$$Z_{6 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min}$$

$$Z_{6 \max} = 276,56 - 273,86 = 2,7 \text{ (MM)}$$

$$Z_{2 \min} = Z_{1 \min} + B_{12 \min} - 3_{2 \max}$$

$$3_{2 \max} = Z_{1 \min} + B_{12 \min} - Z_{2 \min} = 0,6 + 78,85 - 0,6 = 78,85 \text{ (MM)};$$

$$3_{2 \min} = 3_{2 \max} - IT(3_2) = 78,85 - 0,74 = 78,11 \text{ (MM)}.$$

$$3_2 = 78,48^{\pm 0.37}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{1 \max} + B_{12 \max} - 3_{2 \min}$$

$$Z_{2 \max} = 1,92 + 79,15 - 78,11 = 3,7 \text{ (MM)}$$

$$Z_{3 \min} = Z_{1 \min} + B_{14 \min} - 3_{3 \max}$$

$$3_{3 \max} = Z_{1 \min} + B_{14 \min} - Z_{3 \min} = 95,825 - 0,6 + 0,6 = 95,825 \text{ (MM)};$$

$$3_{3 \min} = 3_{3 \max} - IT(3_3) = 95,825 - 0,87 = 94,955 \text{ (MM)}.$$

$$3_3 = 95,39^{\pm 0.435}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{1 \max} + B_{14 \max} - 3_{3 \min}$$

$$Z_{3 \max} = 96,175 + 1,92 - 94,955 = 3,14 \text{ (MM)}$$

$$Z_{5 \min} = Z_{6 \min} + B_{3 \min} - 3_{4 \max}$$

$$3_{4 \max} = Z_{6 \min} + B_{3 \min} - Z_{5 \min} = 15,91 + 0,6 - 0,6 = 15,91 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4 \min} = Z_{4 \max} - IT(34_3) = 15,91 - 0,43 = 15,48 \text{ (мм)}.$$

$$Z_4 = 15,695^{\pm 0,215}$$

$$Z_{5 \max} = Z_{6 \max} + B_{3 \max} - Z_{3 \min}$$

$$Z_{5 \max} = 16,09 + 2,7 - 15,48 = 3,31 \text{ (мм)}$$

$$Z_{4 \min} = Z_{6 \min} + B_{7 \min} - Z_{5 \max}$$

$$Z_{5 \max} = Z_{6 \min} + B_{7 \min} - Z_{4 \min} = 115,825 - 0,6 + 0,6 = 115,825 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5 \min} = Z_{5 \max} - IT(3_5) = 115,825 - 0,87 = 114,955 \text{ (мм)}.$$

$$Z_5 = 115,393^{\pm 0,435}$$

$$Z_{4 \max} = Z_{6 \max} + B_{7 \max} - Z_{3 \min}$$

$$Z_{4 \max} = 116,175 + 2,7 - 114,958 = 3,917 \text{ (мм)}$$

Таблиця 3.14 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z <sub>1</sub>	275,23	276,52	1,29	275,91		275,91(±0,65)
Z <sub>2</sub>	78,11	78,85	0,74	78,48		78,48(±0,37)
Z <sub>3</sub>	94,955	95,825	0,87	95,39		95,39(±0,435)
Z <sub>4</sub>	15,48	15,91	0,43	15,695		15,69(±0,21)
Z <sub>5</sub>	114,955	115,825	0,87	115,393		115,39(±0,43)
B <sub>1</sub>	273,86	274,66	0,8	274,26	274,26(±0,4)	
B <sub>2</sub>	272,74	273,26	0,52	273	273(±0,26)	
B <sub>3</sub>	15,91	16,09	0,18	16	16(±0,09)	
B <sub>4</sub>	3,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B <sub>5</sub>	92,825	93,175	0,35	93	93(±0,175)	
B <sub>6</sub>	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B <sub>7</sub>	115,825	116,175	0,35	116	116(±0,175)	
B <sub>8</sub>	3,94	4,06	0,12	4	4(±0,06)	
B <sub>9</sub>	1,4	1,65	0,25	1,4	1,4(+0,25)	
B <sub>10</sub>	13,71	13,89	0,18	13,8	13,8(±0,09)	
B <sub>11</sub>	17,91	18,09	0,18	18	18(±0,09)	
B <sub>12</sub>	78,85	79,15	0,3	79	79(±0,15)	
B <sub>13</sub>	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
B <sub>14</sub>	95,825	96,175	0,35	96	96(±0,175)	
B <sub>15</sub>	1,94	2,06	0,12	2	2(±0,06)	

Таблиця 3.15 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z <sub>1</sub>	0,6	1,92
Z <sub>2</sub>	0,6	1,7
Z <sub>3</sub>	0,6	3,14
Z <sub>4</sub>	0,6	3,917
Z <sub>5</sub>	0,6	3,31
Z <sub>6</sub>	0,6	2,7

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.

### 3.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій наведених в (24), враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні  $R_z=150$  мкм,  $T=250$  мкм. При попередньому точінні приймаємо  $R_z=T=100$  мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому точінні – 30 мкм та при шліфуванні  $R_z=5$  мкм,  $T=15$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень згідно (24) визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \quad [\text{мкм}] \quad (3.23)$$

де  $\rho_{\text{жол}}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням

$\rho_{зм}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз

Для штампованих заготовок сумарне значення просторових відхилень виражається в вигляді короблення деталі і зміщення одних ділянок поверхні відносно інших. Це зміщення обумовлено неспівпаданням верхньої і нижньої частин штампа, і неспівпаданням полуматриць в горизонтально-кувалочних машинах, і зміщенням штампуючої частини заготовки відносно стержня вихідного матеріалу. В даному випадкові:

$$\rho_{жол} = \Delta_k l = 0,001 \cdot 273 = 0,273 \text{ (мм)}$$

$$\rho_{зм} = 1 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{1,5^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{0,273^2 + 1 + 1,52^2} = 1,840 \text{ (мм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (3.24)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1840 = 110 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 110 = 5,5 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 5,5 = 0,22 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \text{ [мкм]} \quad (3.25)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(150+250+1840)=2\cdot 2240 \text{ (мкм)}$$

попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(100+100+110)=2\cdot 310 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2\min}=2(50+50+5,5)=2\cdot 105,5 \text{ (мкм)}$$

шліфування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30+0,22)=2\cdot 60,22 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При остаточному точінні маємо взяти розмір вказаний на креслені:

$$d=34,992 \text{ (мм)}$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1=34,992+2\cdot 0,06022=35,05222 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння

$$d_2=35,05222+2\cdot 0,1055=35,26322 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_3=35,26322+2\cdot 0,31=35,88322(\text{мм})$$

для заготовки

$$d_3=35,88322+2\cdot 2,24=40,36322 (\text{мм})$$

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

Для шліфування допуск складає 16 мкм, відповідно для 6 квалітету; для чистового точіння, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 25 мкм, для попереднього точіння для 9 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 62 і 250 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 620

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

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

Тобто:

$$34,992+0,016=35,008 (\text{мм});$$

$$35,052+0,025=35,077 (\text{мм});$$

$$35,263+0,062=35,325 (\text{мм});$$

$$35,88+0,25=36,13 (\text{мм});$$

$$40,36+0,62=40,98 (\text{мм}).$$

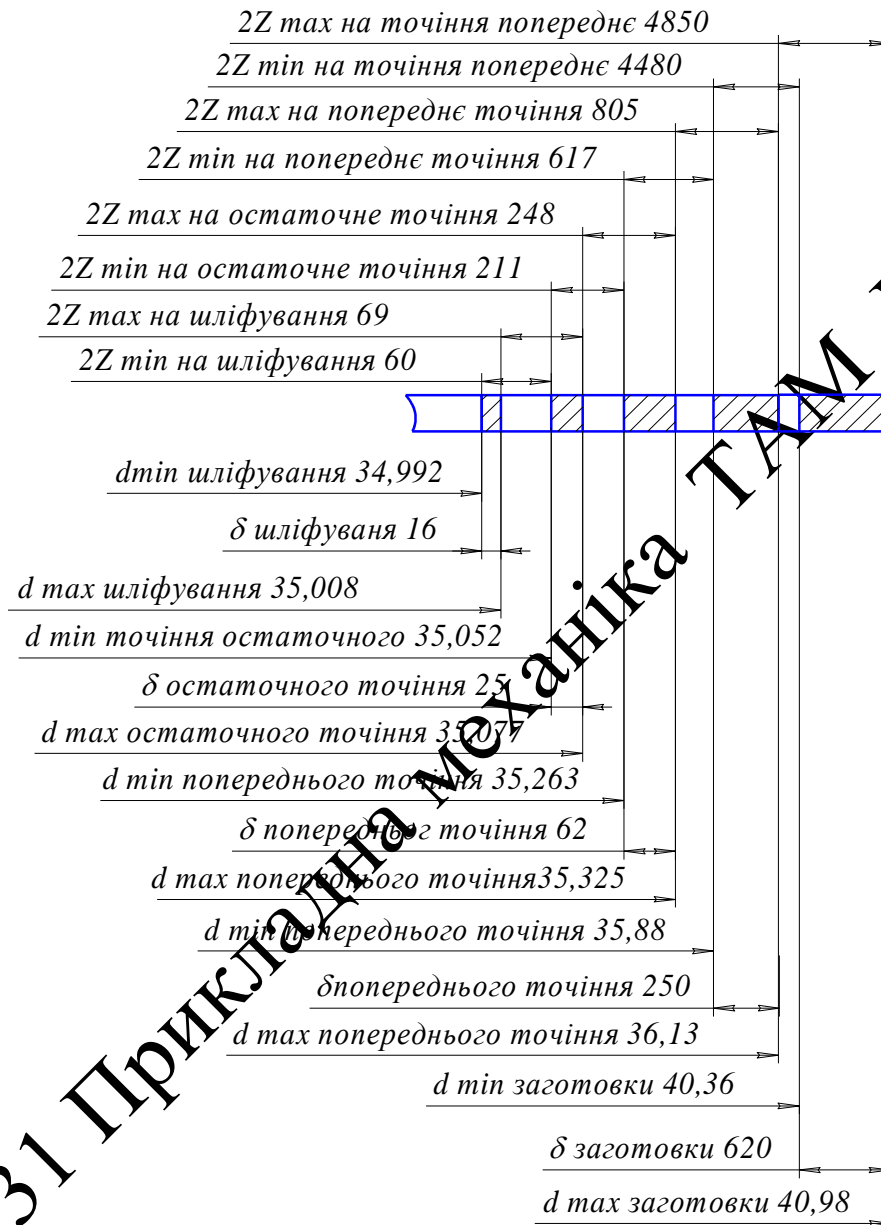
Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\min}$  рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення  $Z_{\max}$  – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для шліфування:



$$2Z_{\min 4} = 35,052 - 34,992 = 0,06 (\text{мм})$$

$$2Z_{\max 4} = 35,077 - 35,008 = 0,069 (\text{мм})$$



МКР 131 Прикладно механіка ТАМ ВНТУ  
 Рисунок 3.10 - Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 35$  валу

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 35,263 - 35,052 = 0,211 (\text{мм})$$

$$2Z_{\max 3}=35,325-35,077=0,248 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2}=35,88-35,263=0,617 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=36,13-35,325=0,805 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1}=40,36-35,88=4,48 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 1}=40,98-36,13=4,85 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.7

На основі даних розрахунку будемо взяти графічного розташування припусків і допусків по обробці отвору  $\varnothing 35$

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

$$2Z_{0\min}=4480+617+211+60=5368 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{0\max}=4850+805+248+69=5972 \text{ (мкм)}$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4}-2Z_{\min 4}=4480-4850=370 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=620-250=370 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=805-617=188 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=250-62=188 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=248-211=37 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=62-25=37 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1}-2Z_{\min 1}=69-60=9 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4-\delta_5=25-16=9 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Таблиця 3.16 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку валу

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 35$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір $d_p$	До-пуск мкм $\delta$	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	$R_z$	T	$\rho$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	1840		40,363	620	40,36	40,98		
Точіння попереднє	100	100	110	2·2240	35,883	250	35,88	36,13	4480	4850
Точіння попереднє	50	50	5,5	2·310	35,263	25	35,263	35,325	617	805
Точіння остаточне	30	30	0,22	2·105,5	35,052	25	35,052	35,077	211	248
Точіння тонке	5	15	-	2·60,2	34,99	16	34,992	35,008	60	69
Ітого									5368	5972

5)

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

7) В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. В

попередньому розділі використано розрахунково-аналітичний метод, що базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

8) 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.

9) Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні кришки:

10)

11) Таблиця 3.17- Припуски на циліндричні поверхні

12) Розмір деталі	13) Стадія обробки	14) Припуск на перехід	15) Отримуваний розмір
16) Ø20	17) Заготовка	18)	19) 21,5
	20) Попереднє точіння	21) 0,8	22) 20,7
	23) Попереднє точіння	24) 0,4	25) 20,3
	26) Остаточне точіння	27) 0,2	28) 20,1
	29) Тонке точіння	30) 0,1	31) 20
32) Ø45	33) Заготовка	34)	35) 46,5
	36) Остаточне точіння	37) 1,5	38) 45
39) Ø34	40) Заготовка	41)	42) 35,5
	43) Остаточне розточування	44) 1,5	45) 34

### 3.10 Визначення режимів різання

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

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

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

Розрахунок режимів різання проводимо за рекомендацією [8].

Для операції 005.

1. Розраховуємо довжину робочого ходу супорта:

$$L = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}}, [\text{мм}] \quad (3.26)$$

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

$y$  - відвід, врізання, перебіг інструменту.

За додатком [8]:  $y=2$  мм.

Відповідно отримаємо:

$$L = 77 + 2 + 3 = 82(\text{мм})$$

2. Визначення подач супортів на оберт шпинделя мм/об:

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

3. Визначення стійкості інструментів:  $T_m = 150$  хв.

4. Розрахунок швидкостей різання в мм/хв і числа обертів шпінделя верстатів в хв.

а) визначення швидкостей різання:  $V_{різ} = 61.2$  м/хв.

Таблиця 3.18 - Розрахунок режимів різання

Операції	№ переходу	Подача, мм/об	Швидкість Різання, м/хв	Частота обертання
1	2	3	4	5
005	2	0,6	41,5	400
	3	0,08	244	137
010	2	0,7	81,76	766
	3	0,7	81,76	744
	4	0,2	75	1194
	5	0,2	120	1091
	6	0,2	60	955
	7	0,2	112	1019
	8	0,1	52	828
	9	0,1	94	855
015	2	1,5	76,3	675
020	2	1,4	25	
025	2	0,1	22	157
030	2	0,1	22	157

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

$$V_{різ} = 61.2 \cdot 1,25 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 87 \text{ (м/хв)}$$

б) розраховуємо число обертів шпинделя за формулою:

$$n = 1000V/\Pi d, [\text{об/хв}] \quad (3.27)$$

$$n = 87 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 34 = 815 \text{ (об/хв);}$$

Оскільки даний верстат має безступінчасту коробку, то необхідно приймати стандартне значення, верстата забезпечить розраховану величину. Аналогічно розраховуємо режими різання для всіх інших операцій, дані отримані в результаті розрахунків заносимо в таблицю 3.18.

Отже за допомогою довідників визначено режими різання для всіх операцій. Для їх точного розрахунку необхідно користуватися формулами і вести довгі і трудомісткі розрахунки, для того щоб уникнути цього режими вибрано за довідником, а щоб вони були оптимальні проведемо оптимізацію режимів різання, результати якої наведено в додаткові.

### 3.11 Визначення технічних норм часу

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

Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами; встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення

передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 010.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (3.28)$$

де  $T_{\text{в}}$  – допоміжний час, що складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} [\text{хв}] \quad (3.29)$$

$T_{\text{вуст}}$  – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 в центрі хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,15 + 0,32 + 0,03 = 0,5 \text{ (хв);}$$

$T_{\text{ввим}}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із двох замірів штангенциркулем, одного заміру скобою після виконання операцій на першому установі та двох замірювань штангенциркулем після виконання операцій другого установу. В сумі час затрачений на



вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = (0,11 \cdot 2 + 0,2) + 0,11 \cdot 2 = 0,64 \text{ (хв)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (3.30)$$

$T_{\text{ц.а.}}$  – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту, в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилини подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

Відповідно час на автоматичний цикл складає:

$$T_{\text{ц.а.}} = 0,51 + 0,2 = 0,71 \text{ (хв)}$$

Відповідно отримуємо:

$$T_{\text{шт}} = (0,71 + 0,2) \cdot (1 + 9/100) = 0,965 \text{ (хв)}$$

Таблиця 3.19 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час, хв	Штучно-калькуляційний час	
		$T_{\text{шт-к}}$ , хв	
005	0,37	0,5217	
010	1,61	2,2	5,63
015	1,885	2,43	

020	1,71	2,3177	
025	0,036	0,056	0,526
030	0,3	0,47	

### 3.12 Проектування ділянки 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:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.31)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;  
 $K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;  
 $K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (3.32)$$

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

Для деталі вал 03-355 отримаємо:

$$K_{11} = 3 \sqrt{\frac{1.8}{2.5}} = 0.8$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^\alpha \quad (3.33)$$

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:

$$K_{21} = \left(\frac{4500}{4000}\right)^{0.15} = 1.017$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (3.34)$$

$\bar{K}_{Ti}$ ,  $\bar{K}_{T.пр.}$  - середнє значення точності деталі і представника;

$\bar{R}_{ai}$ ,  $\bar{R}_{a.пр.}$  - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{14,2}{13,34}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{11}{9,87}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,74}{0,79} \cdot \frac{0,95}{0,95} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для валу 154 складає:

$$K_1 = 0,8 \cdot 1,017 \cdot 0,94 = 0,7686$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 3.20 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Вал 12.81	2,5	4500	1	1	1	1	4500
Вал 154	1,8	4000	0,8	0,94	1,017	0,768	3074
Вал 48-А	2,2	3500	0,918	0,891	1,038	0,849	2974
Вал 78БЖ-01	2,3	4100	0,945	0,98	1,014	0,94	3854
Вал Н12-45Ж	2,4	4250	0,97	0,975	1,008	0,957	4067
Всього							18469

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:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.35)$$

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

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

$m$  – кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Відповідно для кожної операції отримаємо:

$$C_p = 0,5217 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,078$$

$$C_p=5,63 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,849$$

$$C_p=2,3177 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,349$$

$$C_p=0,526 \cdot 18469 / 60 \cdot 2040 = 0,079$$

46) Коефіцієнт завантаження для верстатів 16К20Ф3 складатиме:

47)

$$48) \eta_3 = 0,349 / 1 = 0,349$$

Отже для виконання всього технологічного циклу із виготовлення партії деталей достатньо прийняти по одному верстатові кожної моделі.

Таблиця 3.21 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.i}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.i}$	$\eta_{о.сер.}$
005	Фрезерно-центрувальна	0,0787	1	0,0787	0,339	0,709	0,698
010-015	Токарна з ЧПК	0,8495	1	0,8495		0,709	
020	Фрезерна з ЧПК	0,3497	1	0,3497		0,738	
025-030	Токарна з ЧПК	0,0794	1	0,0794		0,639	

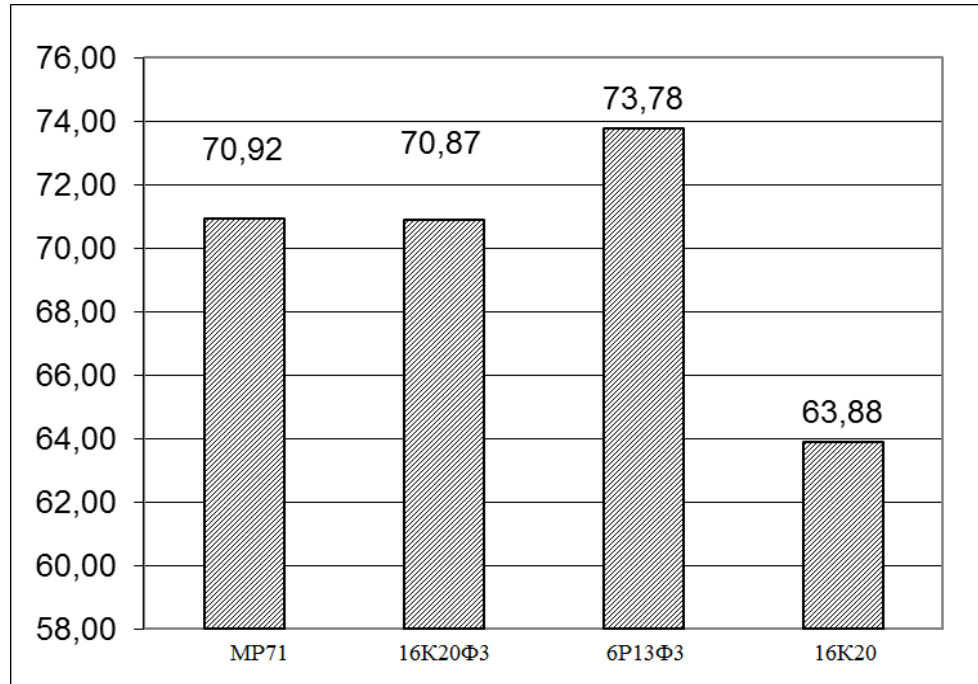
49) Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстатів 16К20Ф3 складатиме:

50)

51)  $\eta_3 = 1,71 / 2,3177 = 0,7378$

52) Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів.

53)

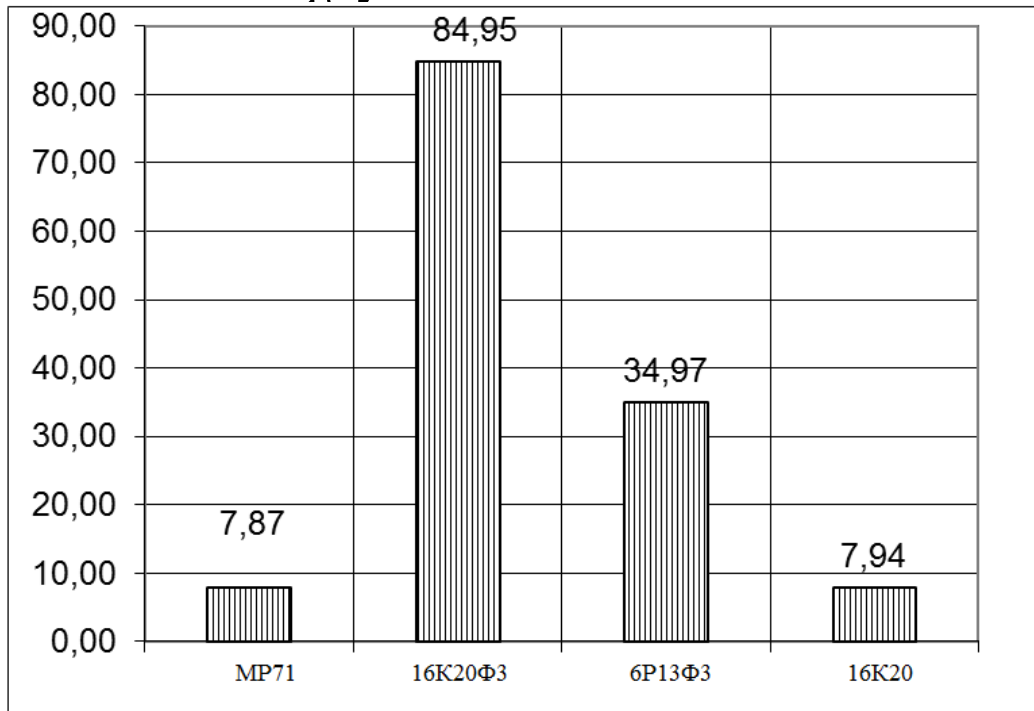


54)

55) Рисунок 3.11 – Графік завантаження обладнання

56)

М



## 57) Рисунок 3.12 – Графік використання обладнання за основним часом

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

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (3.36)$$

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

$\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатостаночного обслуговування.

Наприклад для роботи на токарно-револьверному з ЧПК необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,349 / 1 \cdot 1840 = 0,387$$

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

Отже для виконання заданого об'єму роботи необхідний 1 робітник.

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

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

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих - 7 чол.

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

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 4 = 0,8 \dots 1,0$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 4 = 0,72 \dots 0,96$$

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:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 4=0,088$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 3.22 – Кількість робітників –верстатників

Назва операції	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д, год}$	$K_3$	$K_m$	$P, чол$	$P_{пр}, чол$	
58) Фрезерно-центрувальна	1	1840	59) 0	1	0,087	1	
60) Токарна з ЧПК	1		,078	61) 0	1	0,387	1
62) Шліцефрезерна	1		,349	63) 0	1	0,941	1
64) Токарна з ЧПК	1		,849	65) 0	1	0,087	1
			,079				

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

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (4+1+1+1)=0,14$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.



Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 5.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	15...21%	0,72...0,96	1
СКП	2,2%	0,088	1
МОП	2%	0,04	1

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

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

В магістерській роботі розглядається процес обкочування тонких валів. Це дозволяє збільшити твердість поверхневого шару, зменшити шорсткість отриманої поверхні, але вимагає використання трьохроликowego пристосування, для того, щоб уникнути прогину валу.

Ступень новизни науково-дослідної роботи складає 35 балів, оскільки робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження, розроблено більш простий спосіб – обкочування роликком для забезпечення потрібної твердості.

Показник рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи складає 25, оскільки робота містить практичні рекомендації для окремого випадку обкочування конкретної деталі, а саме тонкого валу.

Показник, який характеризує науковий ефект:

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

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

### 4.2 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

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

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
	1	2	3
1. Технічна здійсненність концепції	1	2	2
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	1	2	1
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	3	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	2	3	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	4	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	1	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	3	3
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	2	4	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	2	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	3	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	3	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	4	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =25	СБ <sub>2</sub> =35	СБ <sub>3</sub> =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

#### 4.3 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

##### 4.3.1 Витрати на оплату праці

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

$$Z_o = \frac{M}{T_p} t \text{ [грн]} \quad (4.1)$$

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

$T_p$  – число робочих днів в місяці; прийmemo  $T_p = 22$  дні;

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

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Таблиця 4.2 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	18000	818,18	20	16363,64
Інженер-технолог	12500	568,18	20	11363,64
			Всього	27727,27

Основна заробітна плата робітників , розраховується за формулою 4.2.

$$Z_o = \sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ [грн]} \quad (4.2)$$

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

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

$$C_i = \frac{M_m K_i K_c}{T_p t_{зм}} [\text{грн/год}]$$

де  $M_m$  — розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), 6700 грн;

$K_i$ , — коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду, 1,5 – 4 розряд

$K_c$  — мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. 1,65

$T_p$  — середня кількість робочих днів в місяці, приблизно 22 дні

$t_{зм}$  — тривалість зміни, год.

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

$$C_5 = 2481 \cdot 1,5 \cdot 1,65 / 22 \cdot 8 = 43,14 \text{ (грн./год.)}$$

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

$$З_p = 32,88 \cdot 26800 = 911659,73 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$Z_d = 0,12 \cdot (27727,27+911659,73) = 112726,4 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.3 Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Токарна з ЧПК	0,68	4	43,14	21,71
Токарна з ЧПК	0,12	4	43,14	3,83
Фрезерна з ЧПК	0,23	4	43,14	7,34
Всього				32,88

#### 4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ — єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (27727,27 + 911659,73 + 112726,4) \cdot 0,22 = 231465 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3.3 Сировина та матеріали

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

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_B \text{ [грн.],} \quad (4.3)$$

де:  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 6,5 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 12 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 0,85 кг,  $C_B$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 4грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.4 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 10X17Н13М2Т	12	6,5	0,85	4	82,4

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь 10X17Н13М2Т. Відповідно отримаємо:

$$M = 12 \cdot 6,5 \cdot 1,1 - 0,85 \cdot 4 = 82,4 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$82,4 \cdot 26800 = 2\,208\,320,00 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

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

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.4)$$

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

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

$K_u$  — коефіцієнт транспортних витрат, 1.1

Оскільки проектується і досліджується технологічний процес, то комплектуючими є ріжучий інструмент.

Таблиця 4.5 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт	Ціна за шт, грн	Сума, грн
Різці токарні (з швид-коріжучої сталі)	24	140	3360
Різці токарні (з твёрдо-сплавними пластинами)		220	2200
Різці канавочні	4	180	720
Всього			6280

#### 4.3.5 Спецустаткування для наукових робіт

В якості спецустаткування використовується пристосування трьох роликів для обточування тонких валів деталей вартістю 18000 грн.

#### 4.3.6 Програмне забезпечення для наукових робіт.

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

#### 4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{C_{обл} \cdot t}{T \cdot 12}$$



де  $C_6$  – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$t_{\text{вик}}$  – строк корисного використання обладнання,

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

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

Для вертикально свердлильного верстата аналогічно:

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

Таблиця 4.6 – Амортизаційні відрахування

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

Для токарного з ЧПК аналогічно:

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

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

#### 4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i C_e K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (4.5)$$

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

$t_i$  - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  - вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

$K_{eni}$  - коефіцієнт, що враховує використання потужності,

$\eta_i$  - коефіцієнт корисної дії обладнання.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{opt} + C_{розп} + C_{пост} + \frac{ПДВ}{100\%})$$

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

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

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

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

Таблиця 4.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи	Сума, грн
Токарний з ЧПК	10	0,68	45,51
Фрезерний з ЧП	10	0,12	8,03
Токарний з ЧПК	10	0,23	15,39
Всього			68,94

А для всієї партії:

$$68,94 \cdot 26800 = 1847581 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3.9 Службові відрядження

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

$$V_{CB} = 0,22 (27727,27 + 911659,73) = 206665,14 \text{ (грн)}$$

#### 4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуються як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{CP} = 0,3 (27727,27 + 911659,73) = 281816,10 \text{ (грн)}$$

#### 4.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_v=0,5 (27727,27+911659,73)= 469693,5 \text{ (грн)}$$

#### 4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

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

$$V_{\text{нзв}}=1,1 (27727,27+911659,73)= 1033325,70 \text{ (грн)}$$

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

$$V_{\text{г}}=27727,27+911659,73+112726,4+231465+2208320+6280+18000+91260+1847581+206665,14+281816,1+469693,5+1033325,7=6\,534\,892,98 \text{ (грн)}$$

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

$$ЗВ=6\,534\,892,98/0,5=13\,069\,785,97 \text{ (грн)}$$

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

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p = (5^3 \cdot 3 \cdot 4) / (1041,70542 \cdot 1) = 0,18$$

Тобто робота є відносно ефективною.

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

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 6800 шт, тобто за рахунок кращого поверхневого шару і більшої зносостійкості валів продаватиметься більше; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 20 000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 4400 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу 800 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 червня 2023 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2023-го, 2024-го, 2025-го та 2026-го років.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.6)$$

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

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

$\Delta N$  – 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;

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

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

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

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

$$\Delta\Pi_1 = (800 \cdot 20000 + 5200 \cdot 6800) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 14037838,46 \text{ (грн.)}$$

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (4.7)$$

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

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

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

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

$$ПП = \frac{14037838,46}{(1+0.1)^2} + \frac{14037838,46}{(1+0.1)^3} + \frac{14037838,46}{(1+0.1)^4} + \frac{14037838,46}{(1+0.1)^5} = 40452780,99 \text{ (грн.)}$$

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

$$PV = 2 \cdot 13\,069\,785,97 = 26\,139\,571,93 \text{ (грн)}$$

$$E_{\text{абс}} = 40452780,99 - 26\,139\,571,93 = 14313209,06 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc}/PV} - 1 \quad (4.8)$$

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

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 14313209,06/26139571,93} - 1 = 0,24 = 24\%$$

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

$$\tau_{\min} = d + f, \quad (4.9)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні  $d = (0,1...0,12)$ ;

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

$$\tau_{\min} = 0,11 + 0,10 = 0,21 \text{ або } \tau_{\min} = 21\%$$

Оскільки величина  $E_B = 24\% > \tau_{\min} = 21\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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



$$T_{\text{ок}}=1/E_{\text{в}}$$

$$T_{\text{ок}}=1/0,24=4,09$$

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

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (4,09 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВІНУ

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу вал "Вал 54.12.01" на дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [32]:

### 1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до визначених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

### 5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

#### 5.1.1. Обладнання приміщення та робочого місця

Розглянемо вимоги безпеки з обладнанням. Виробниче обладнання має бути встановлене, розташоване та використане так, щоб зменшити ризики для операторів та інших працівників (достатній простір між рухомими та нерухомими частинами виробничого обладнання або рухомими частинами навколо нього, безпечне постачання та відведення всіх видів енергії та речовин, що використовуються або виробляються).

Виробниче обладнання має бути змонтоване чи демонтоване за безпечних умов із дотриманням інструкцій, наданих виробником.

Виробниче обладнання, під час використання якого можливе потрапляння блискавки, має бути захищене пристроями або відповідними засобами блискавкозахисту.

Керування самохідним виробничим обладнанням здійснюють тільки ті працівники, які пройшли відповідне навчання та мають право керувати цим обладнанням.

Для самохідного виробничого обладнання, що рухається в межах робочої зони, роботодавець повинен розробити відповідні правила руху, яких слід дотримуватися.

Для унеможливлення потрапляння піших працівників до робочої зони самохідного виробничого обладнання необхідно вживати організаційних заходів. Якщо присутність піших працівників у робочій зоні самохідного виробничого обладнання є необхідною для належного виконання робіт, слід вжити відповідних заходів для запобігання їх травмуванню цим обладнанням.

Розміри виробничого обладнання мають відповідати характеру виконуваних робіт, передбачуваним навантаженням, а також забезпечувати безпечний прохід.

З огляду на ризик, тривалість роботи та ергономічні обмеження, має бути передбачене сидіння з відповідними додатковими пристроями.

Залежно від типу виробничого обладнання, мають бути визначені відповідні заходи мінімізації ризиків для працівників, властиві цьому типу обладнання.

У разі потреби встановлюються захисні засоби для запобігання падінню, які мають підходити за конфігурацією і бути достатньо міцними для унеможливлення або зупинення падіння з висоти та усунути ймовірність травмування працівників. Колективні захисні засоби для запобігання падінню можуть перериватися тільки в місцях доступу до драбин або сходів.

Якщо виконання конкретного завдання потребує тимчасового зняття колективного засобу захисту для запобігання падінню, необхідно вживати заходів для встановлення рівноцінних дієвих засобів безпеки. Колективні засоби захисту для запобігання падінню мають бути знову встановлені після завершення або тимчасового припинення робіт.

Складання, демонтаж або істотну зміну конфігурації риштування здійснюють тільки під контролем відповідальної особи працівники, які мають відповідну спеціальну підготовку для виконання таких операцій, включаючи:

- розуміння порядку складання, демонтажу та зміни конфігурації риштування;
- заходи безпеки під час складання, демонтажу та зміни конфігурації риштування;

- заходи щодо запобігання ризику падіння працівників і предметів;

- заходи безпеки у разі зміни метеорологічних умов, що можуть негативно вплинути на безпеку риштування;

- допустимі навантаження;

- будь-які ризики, до яких можуть призвести операції зі складання, демонтажу та зміни конфігурації риштування.

Відповідальна особа, яка здійснює контроль, та працівники, що виконують роботу, повинні мати у своєму розпорядженні порядок (проект виконання робіт) щодо складання, використання та демонтажу, а також всі необхідні інструкції.

#### 5.1.2. Електробезпека приміщення

Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів, їх периферійних пристроїв (принтер, сканер тощо) виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладено від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників.

Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідають номінальним параметрам мережі та

навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму тощо. Оскільки у приміщенні одночасно експлуатується більше п'яти персональних комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлено аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Персональний комп'ютери, периферійні пристрої підключені до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв виконані за магістральною схемою, по 3 – 6 з'єднань або електророзеток в одному колі.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки монтовані на негорючих пластинах. Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладена по підлозі поряд зі стінами приміщення в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється. Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені.

Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях.

Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Тривалий вплив на людину несприятливих метеорологічних умов різко погіршує його самопочуття, знижує продуктивність праці і призводить до захворювань.

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу вал "Вал 54.12.01" згідно за енерговитратами відноситься до категорії I б [31]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено централізована система опалення, система вентиляції приміщення, систематичне (рази за зміну) вологе прибирання.

### 5.2.2. Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я. Шкідливі речовини у повітря робочої зони поступають у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму.

В приміщенні, де здійснюється дослідження можливими шкідливими речовинами у повітрі є вуглекислий газ, пил та озон. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2 (відповідно до [38]).

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид вуглецю	3	1	4
Озон	0,16	0,03	1
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок, що називаються іонами. Параметри іонного складу повітря на робочому місці,

що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи вентиляції та вологого прибирання.

### 5.2.3. Виробниче освітлення

У приміщенні, де здійснювалось дослідження використовується штучне та природне освітлення. Освітленість робочих місць здійснюється природнім світлом – в світлі години доби і штучними в темні години.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природньому та суміщеному освітленні зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізювання з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, e <sub>n</sub> , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:



- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Використання вертикальних жалюзів для регулювання світлового потоку.

#### 5.2.4. Виробничий шум

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [37]. Для досліджень допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.5.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

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

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

#### 5.2.5. Виробничі випромінювання

Під час проведення роботи із на дослідника діє підвищений рівень електромагнітного поля.

Допустимі рівні випромінювань (за вимогами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень та нормами TCO 9295) наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Допустимі рівні випромінювань

Вид поля	TCO	MPR II
Змінне електричне поле		
5 Гц – 2 кГц	10 В/м	2,5 В/м
2 кГц – 400 кГц	1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора

Змінне магнітне поле		
5 Гц – 2 кГц	250 нТл 200 мА/м	250 нТл 200 мА/м
2 кГц – 400 кГц	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на працівника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

#### 5.2.6. Оцінка умов праці

Таким чином, умови праці дослідника відповідно до карти умов праці можна класифікувати як допустимі. На дослідника має вплив лише один шкідливий фактор I ступеня – понижена температура повітря. Даний недолік пов'язаний з тим, що приміщення має досить великий об'єм. Для нормалізації цього параметру слід використовувати потужнішу систему кондиціонування, яка дозволить нормалізувати температуру у приміщенні.

#### 5.3. Заходи з цивільного захисту. Організаційні заходи оповіщення

Організаційні заходи оповіщення передбачають: розробку порядку та схем проведення оповіщення, інструкцій щодо виконання дій з оповіщення для оперативних чергових та відповідальних за оповіщення осіб; розробку посадових обов'язків щодо проведення оповіщення для посадових осіб, які повинні виконувати оповіщення; доведення обов'язків щодо проведення оповіщення до відповідних осіб та навчання діям з оповіщення; організацію технічних служб для обслуговування систем оповіщення та зв'язку і призначення відповідальних осіб за їх працездатний стан, розробку графіків перевірок та технічного обслуговування систем; організацію системи контролю за виконанням вимог до оповіщення; розробку правил дій за сигналами оповіщення та навчання працівників об'єкта та населення цим діям; організацію зв'язку та взаємодії між різними службами, органами влади, органами з питань НС міністерств та галузей, оперативних служб і чергових, комісій і штабів ЦЗ об'єктів.

Усі місцеві органи виконавчої влади, підприємства, установи та організації, незалежно від форм власності, зобов'язані: забезпечити встановлення електросирен з можливістю централізованого запуску (місце їх встановлення визначає відповідний територіальний орган ЦЗ з урахуванням озвучування території); забезпечити встановлення вуличних гучномовців у місцях масового зосередження працівників та населення; оснастити усі службові, виробничі, адміністративні, навчальні, лікувальні приміщення радіотрансляційними точками; безперешкодно допускати технічних працівників до обслуговування систем оповіщення та зв'язку. Забороняється вимикати радіотрансляційні точки та абонентські лінії, по яких здійснюється запуск електросирен від державного радіомовлення, демонтувати вуличні гучномовці без узгодження з відповідними органами ЦЗ. За самовільне відключення систем оповіщення посадові особи притягуються до відповідальності згідно з чинним законодавством. Керівники відповідних органів ЦЗ відповідають за оперативну готовність СЦО, створення резерву апаратури та запасних частин, удосконалення систем, опечатування панелей апаратури, своєчасне закладання на підприємствах та установах паперів з паролями і текстами повідомлень до населення. Керівники органів МНС відповідають за зберігання апаратури засобів оповіщення, правильне виконання оперативними черговими інструкцій щодо застосування апаратури оповіщення. Керівники об'єктів відповідають за збереження, працездатність та своєчасність обслуговування апаратури, виконання оперативними черговими інструкцій щодо застосування засобів оповіщення. У випадку несправності, а також несанкціонованого застосування (запуску) засобів оповіщення треба негайно виконувати дії щодо відновлення їх працездатності. По цих фактах проводиться розслідування і складається акт відповідним органом ЦЗ, з одного боку, і дирекцією об'єкта – з іншого.

Один примірник акта подається до МНС. У всіх випадках використання систем оповіщення з увімкненням сирен негайно доводиться до населення відповідне повідомлення засобами дротового, радіо- та телевізійного мовлення. Тексти повідомлень передаються протягом 5 хв державною мовою і мовою, якою

користується більшість населення в регіоні, з припиненням інших передач. Почувши звуки електросирен, виробничих гудків, інших сигнальних засобів, кожен громадянин зобов'язаний: увімкнути радіоприймач, телеканал місцевого віщання; уважно прослухати звернення до населення, яке пролунає після відключення сирен, гудків тощо; продумати і виконати усі рекомендації; знайти можливість сповістити отриману інформацію сусідам чи знайомим, по можливості надати їм допомогу.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВНТУ

## ВИСНОВКИ

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

При цьому досліджено процес обкочування заготовки із легованої сталі та визначено вплив технологічних параметрів на твердість поверхневого шару. Встановлено, що із збільшенням подачі та зменшенням зусилля обкочування твердість поверхневого шару зменшується. Інші залежності є нелінійними і наведені в роботі. Зокрема наприклад при багатопохідній обробці спочатку твердість зростає із збільшенням кількості проходів, потім залишається сталою, а пізніше різко зменшується. Що пояснюється утворенням мікротріщин на поверхні деталі.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі вал 54.12.01, в якому використовується обладнання із ЧПК. Визначено тип виробництва, який є дрібносерійним. Відповідно до матеріалу, маси та типу виробництва обрано два способи отримання заготовки – прокат і штамповка на КГШП, за техніко-економічним порівнянням обрано кращим способом отримання заготовки штампування на КГШП.

Враховуючи форму заготовки, попередньо обрані технологічні бази та кількість ступенів механічної обробки побудовано маршрут механічної обробки. Для визначення технологічних розмірів, припусків і уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно.

Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 4. На ділянці має працювати 8 робітників. Верстати здебільшого завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 34 %, При цьому фрезерно-центрувальний.

фрезерний з ЧПУ точності можуть використовуватися для виготовлення інших деталей.

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 (4,09 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою

Проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 54.12.01», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

МКР 131 Прикладна механіка ІАМ ВНТУ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сердюк О.В. Залежність твердості поверхневого шару деталі після обкочування роликом від технологічних параметрів процесу/ О.В. Сердюк// XLIX Науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (2020)
2. Сердюк О.В. Вплив технологічних факторів на шорсткість поверхні після обкочування роликом із гвинтовою робочою поверхнею/ О.В. Сердюк, В.В.Сердюк, Н.В. Гаврилюк // XLIX Науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (2020)
3. Сердюк О.В. Якість поверхневого шару при обкочуванні роликом/ О.В. Сердюк, С.І. Сухоруков Міжнародна науково-технічна конференція «Гідро- та пневмоприводи машин- сучасні досягнення та застосування», (2020)
4. Сердюк О.В. Технологія виготовлення профнастилу/ О.В. Сердюк, Н.І. Бондар, В.В. Сердюк // Міжнародна науково-технічна конференція «Гідро- та пневмоприводи машин- сучасні досягнення та застосування», (2020)
5. Сердюк О.В. Дослідження впливу параметрів процесу поверхневого пластичного деформування на ступінь зміцнення деталі / О.В.Сердюк // Наукові нотатки: міжвузівський збірник.-Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2018. – Вип.60. – С.240-245
6. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.Є. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
7. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
8. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).
9. 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.

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

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

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

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

14. 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.

15. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с

16. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

17. Дерібо О. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 114 с.

18. Кован В. М. Расчет припусков на обработку Козловський В. О.



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

19. Наказ МОЗУ №528 від 27.12.2001 «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

20. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id\\_doc=71028](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028).

21. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.pdf](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.pdf).

22. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

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

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocy.kiev.ua/view.php?id=1972>

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

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

27. 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>

28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

29. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf).

30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВНТУ

Додаток А  
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

МКР 131 Прикладна механіка ІАМ ВНТУ

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Вал 54.12.01"»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

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

**Показники звіту подібності Unichesk**

Оригінальність 84,3% Схожість 15,7%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Сердюк О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи \_\_\_\_\_ Федорчук М.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сердюк О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б  
(обов'язковий)

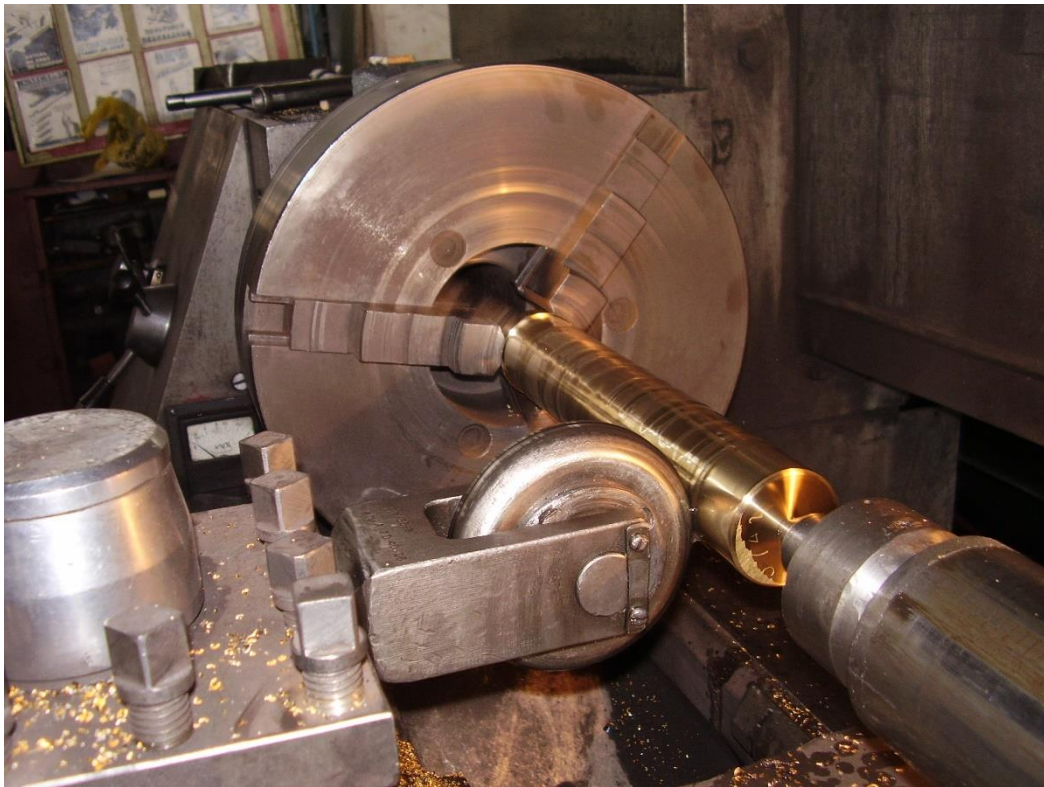
**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ  
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ  
"ВАЛ 54.12.01"  
"**

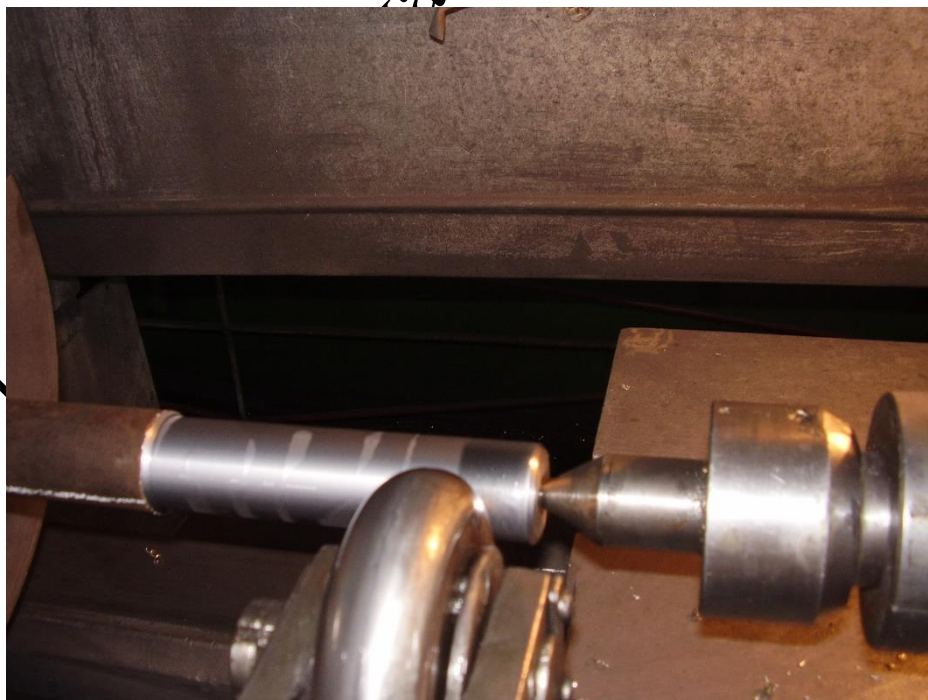
**МКР 131 Прикладна механіка**

**ІМ ВНТУ**

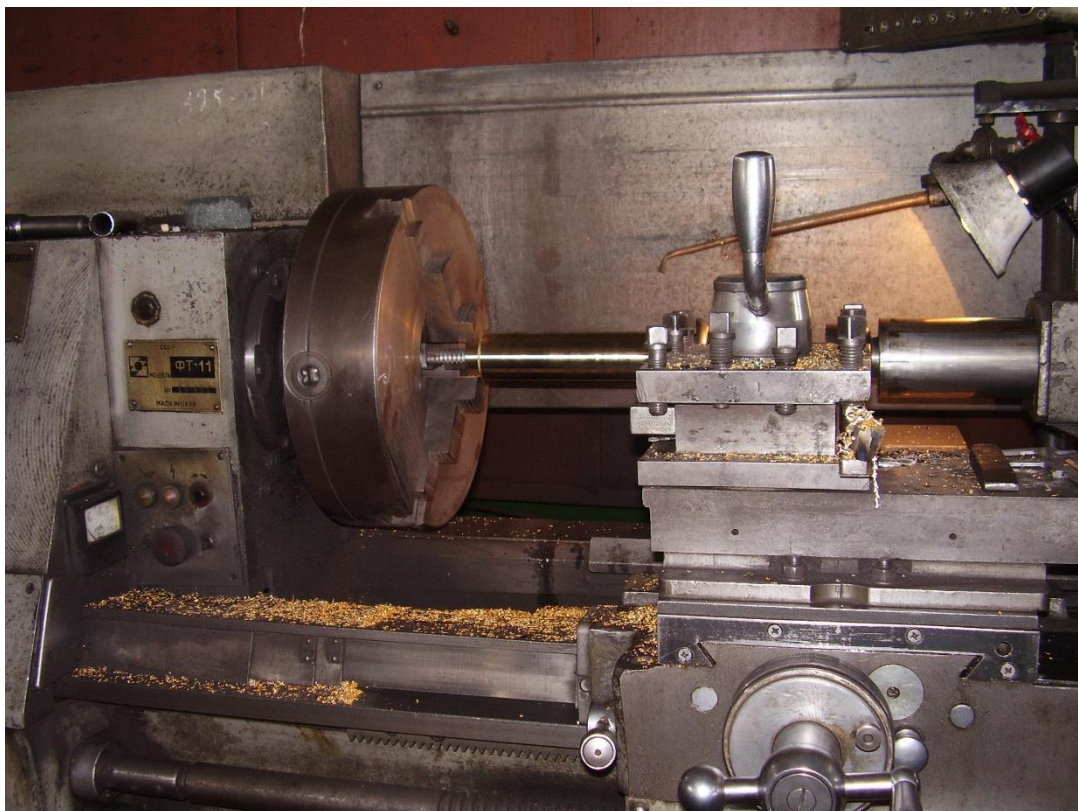
## Експериментальні дослідження процесу обкочування роликом



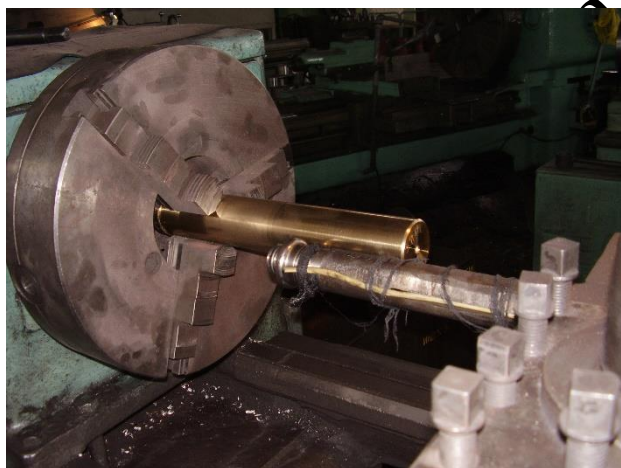
Обкочування вала



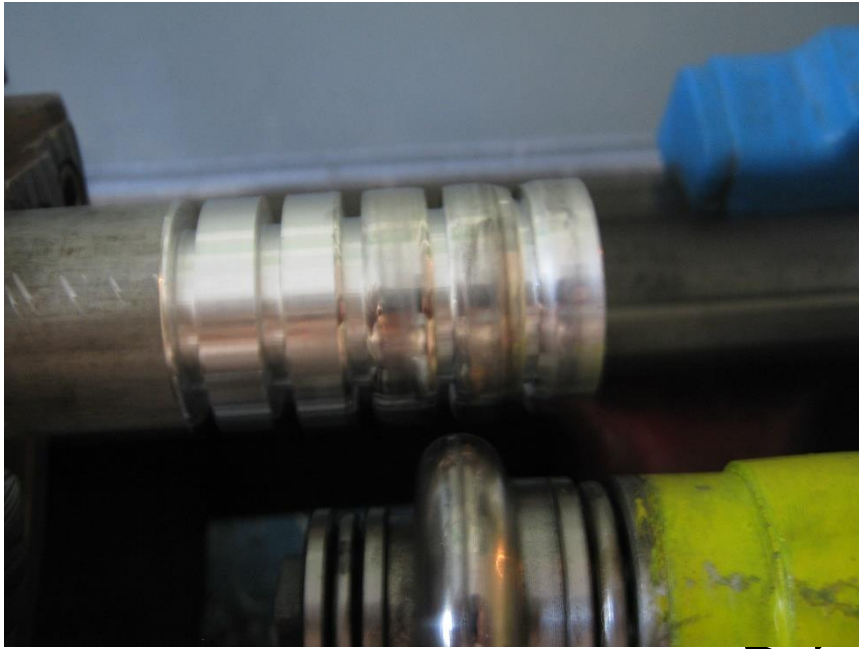
Обкочування вала із сталі 10X17H13M2T з різними режимами обробки



Обкочування вала із сталі 10X17Н13М2Г з подачею ЗОР



Обкочування пристосуванням із пневмозастиком ролика



Формування заготовок для дослідження

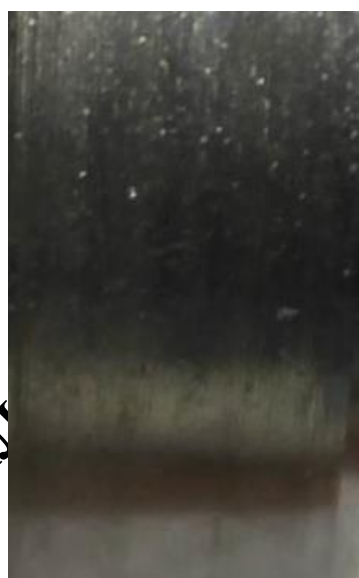
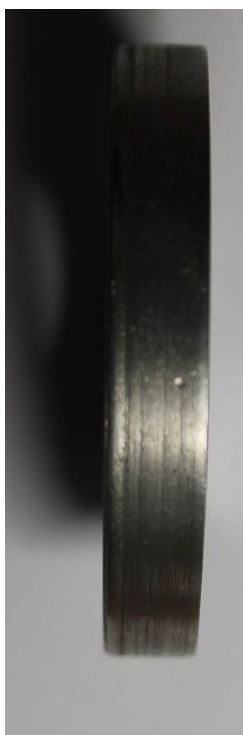


Отримані заготовки із сталі 10X17H13M2T

МКР 13

ВНТУ  
Механіка ТА



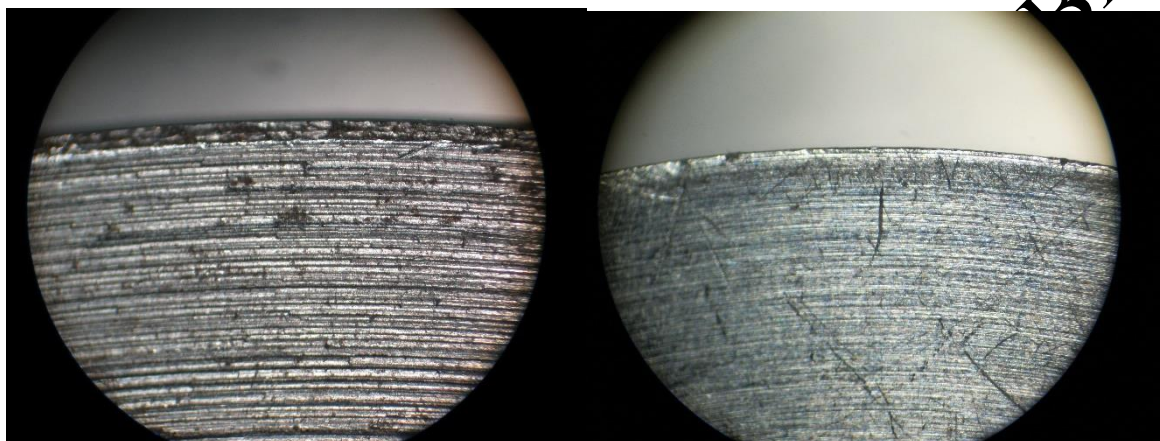
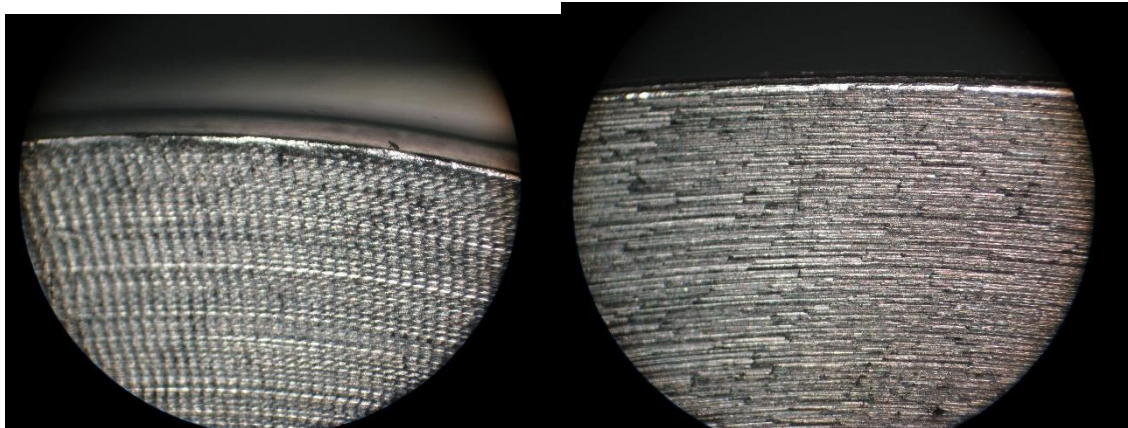


а) подача 0,3 мм/об

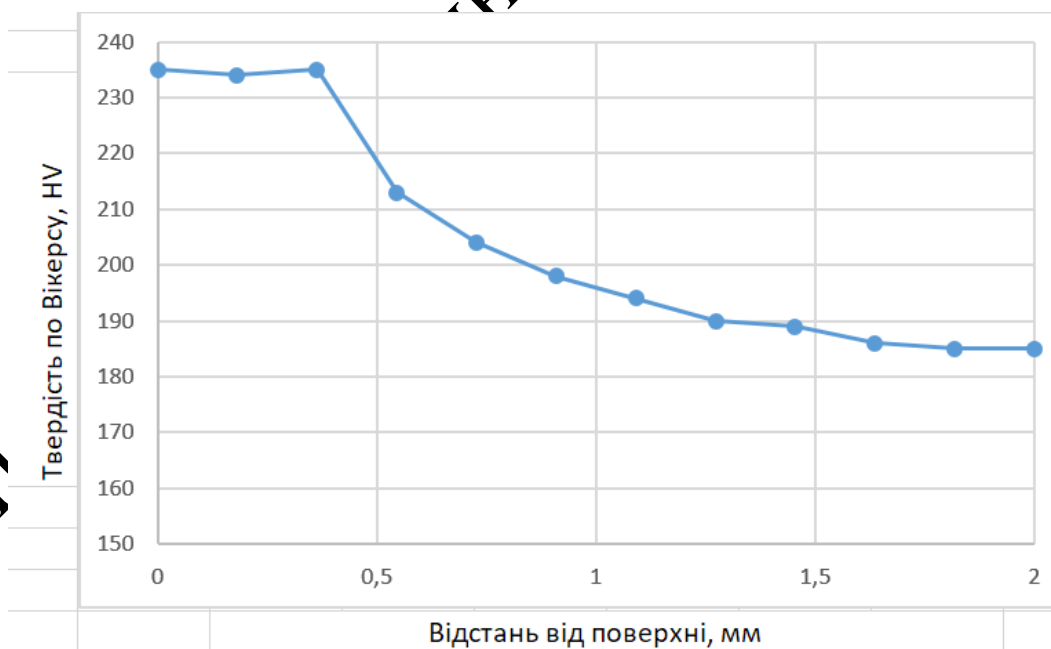
б) подача 0,1 мм/об

в) подача 0,05 мм/об

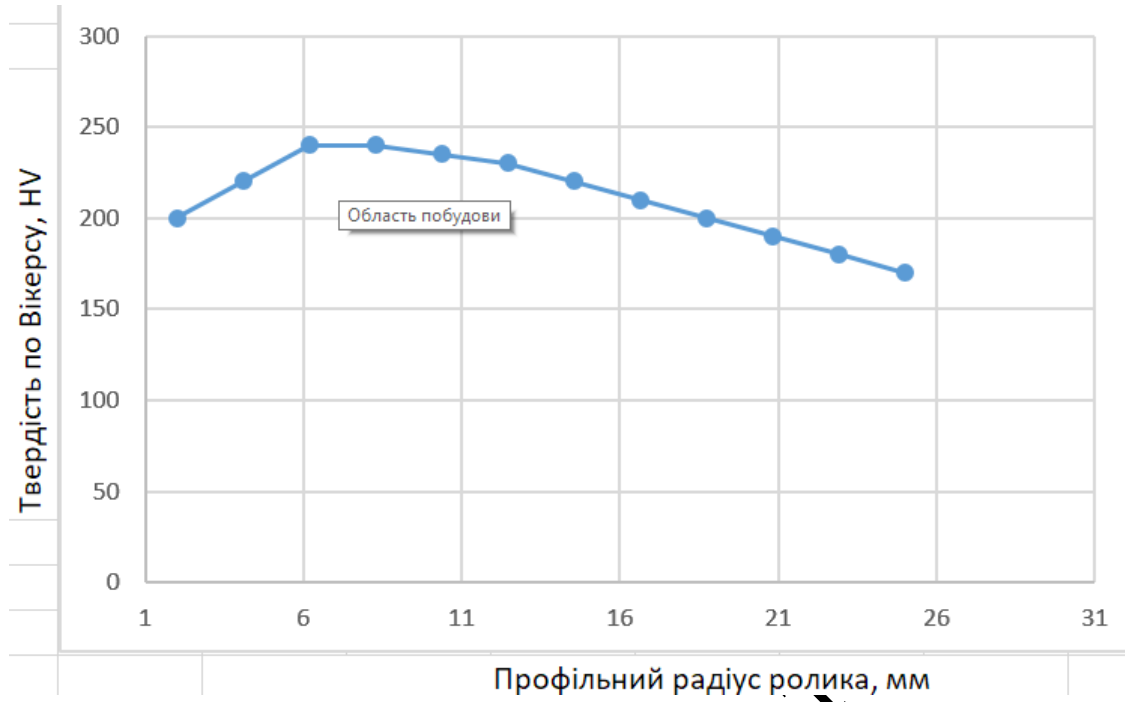
Обробка заготовок з різними подачами



Дослідження зразків за допомогою мікроскопу



Залежність твердості поверхневого шару від відстані від поверхні

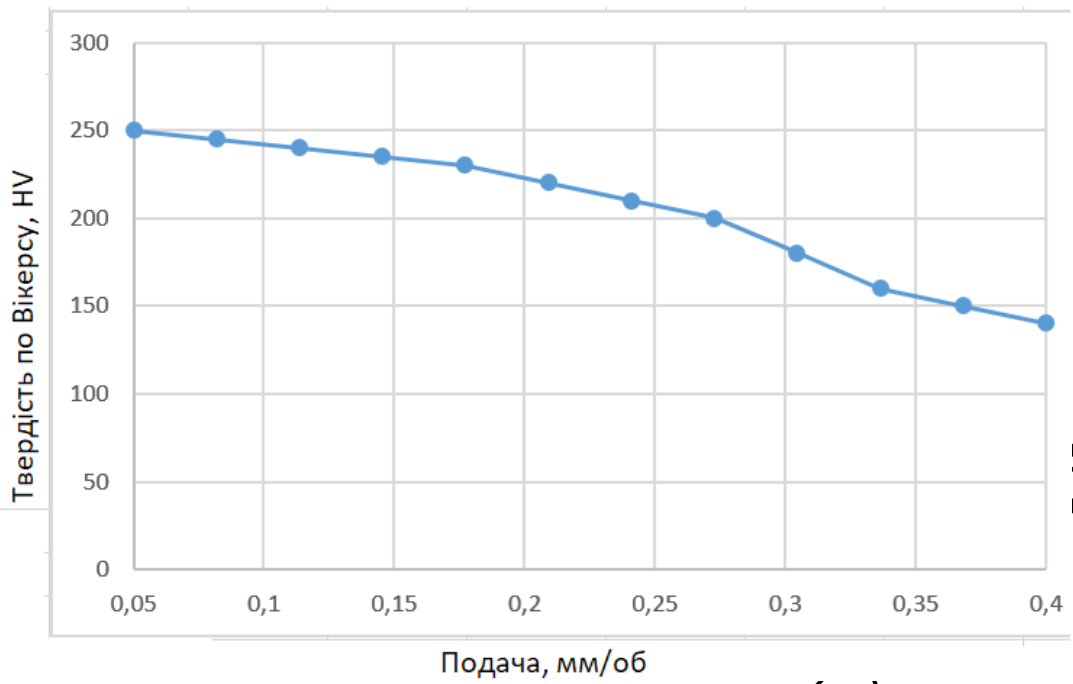


Залежність твердості поверхневого шару від профільного радіуса ролика

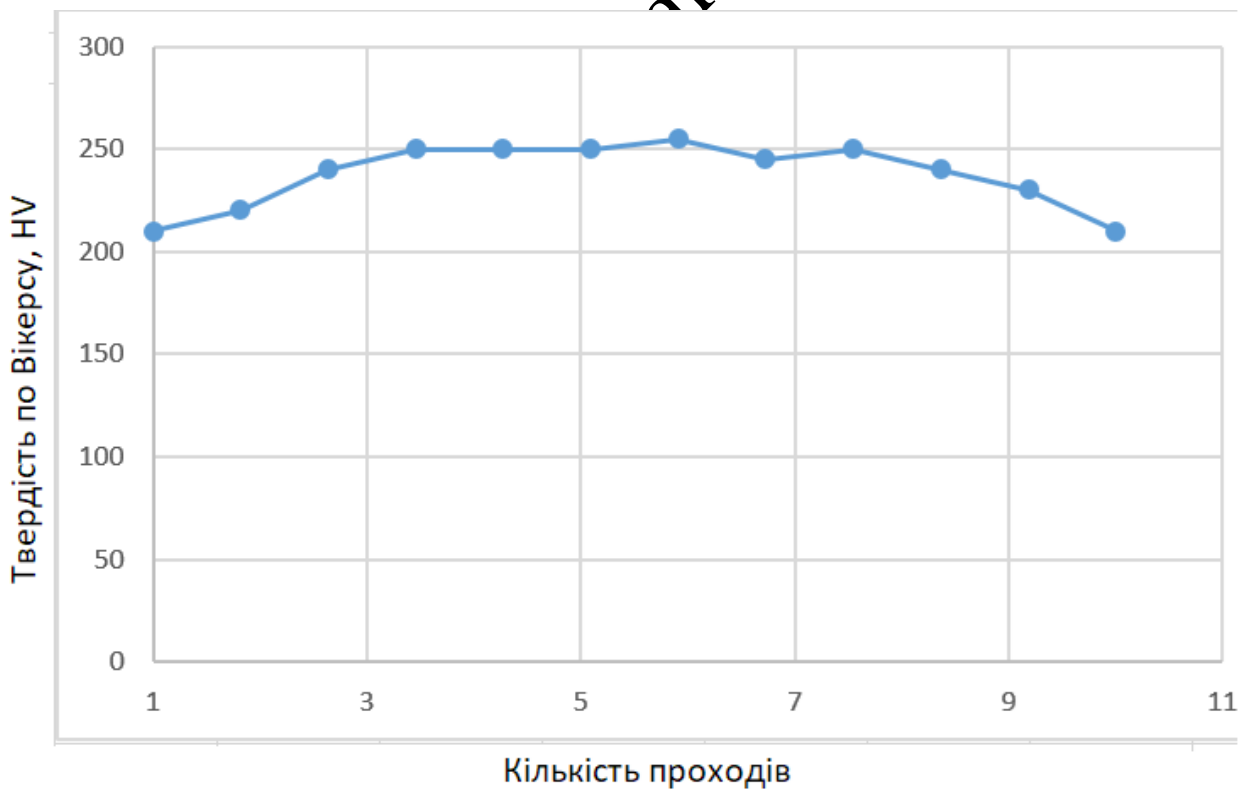


Залежність твердості поверхневого шару від зусилля обкатки

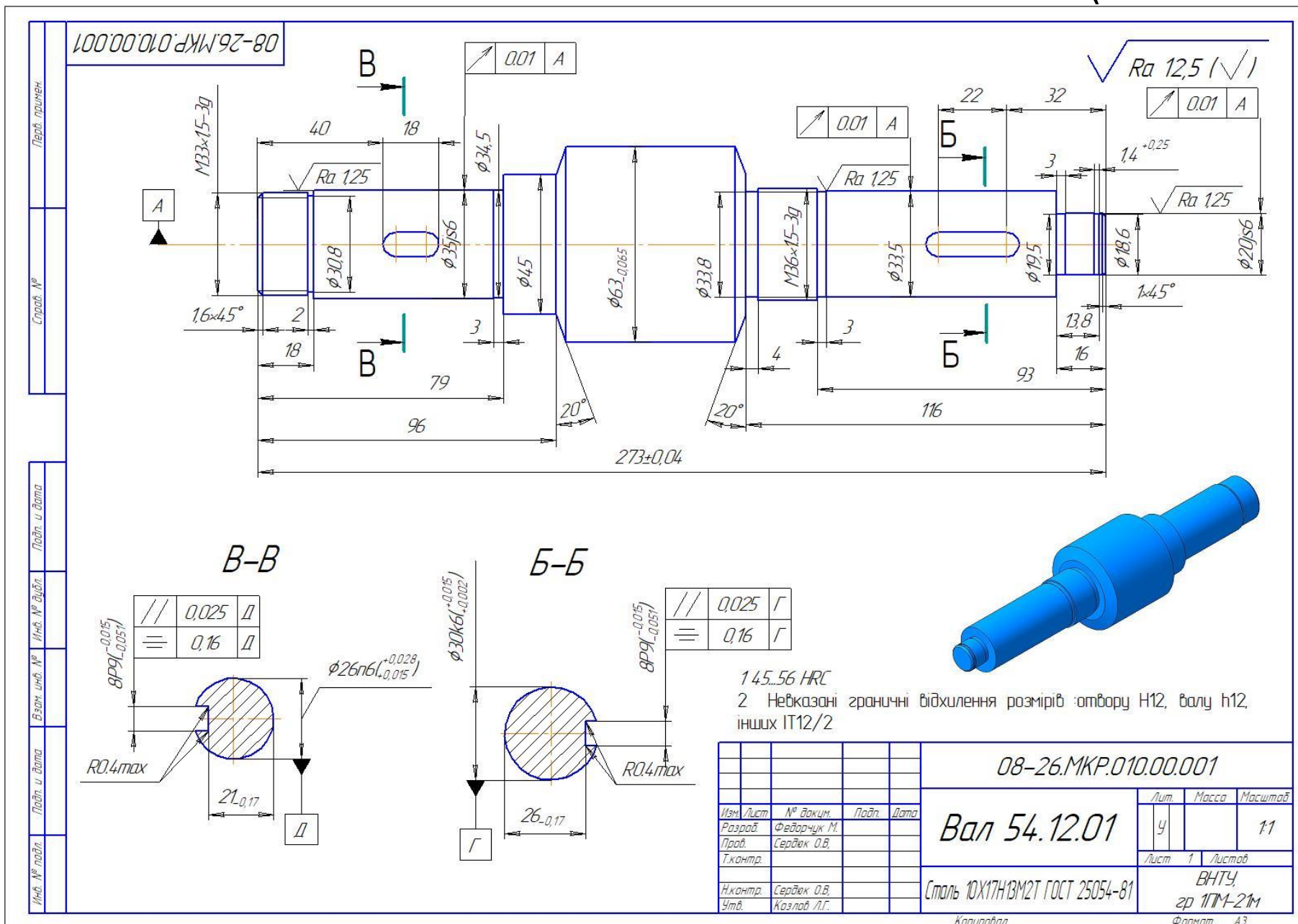
МКР



Залежність твердості поверхневого шару від подачі

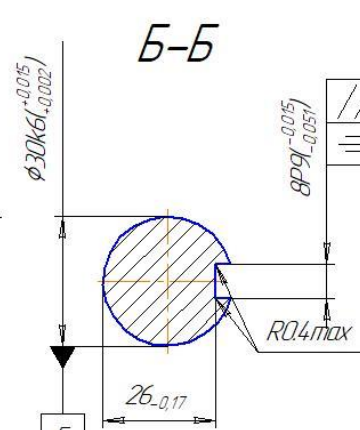
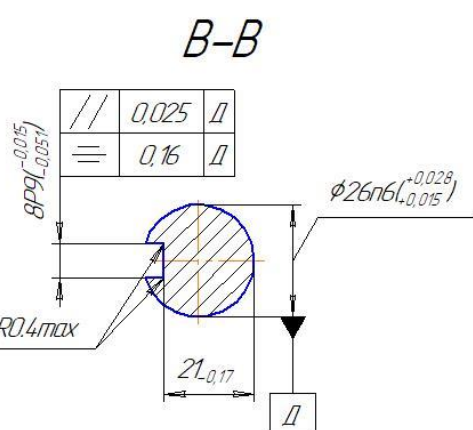


Залежність твердості поверхневого шару від відстані від поверхні



Лист 1  
Справа №  
Лист 1  
Лист 1

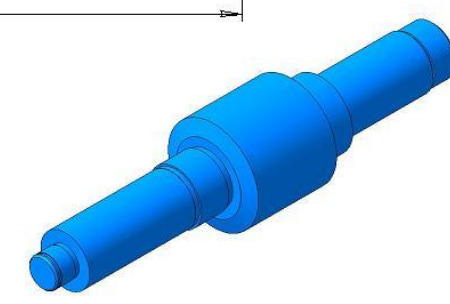
08-26.МКР.010.00.001



//	0,025	Г
≡	0,16	Г

145...56 HRC  
2 Невказані граничні відхилення розмірів :отвору H12, валу h12, інших IT12/2

08-26.МКР.010.00.001						
Изм/Лист	№ вкв.м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Федорчук М.			У		1:1
Проб.	Сердюк О.В.			Лист 1 Листов		
Т.контр.				ВНТУ		
И.контр.	Сердюк О.В.			Зр 1ПМ-21м		
Утв.	Козлов Л.Г.			Формат А3		



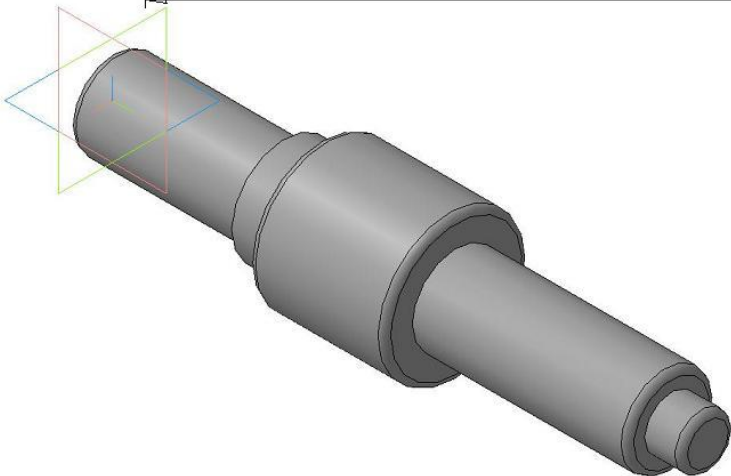
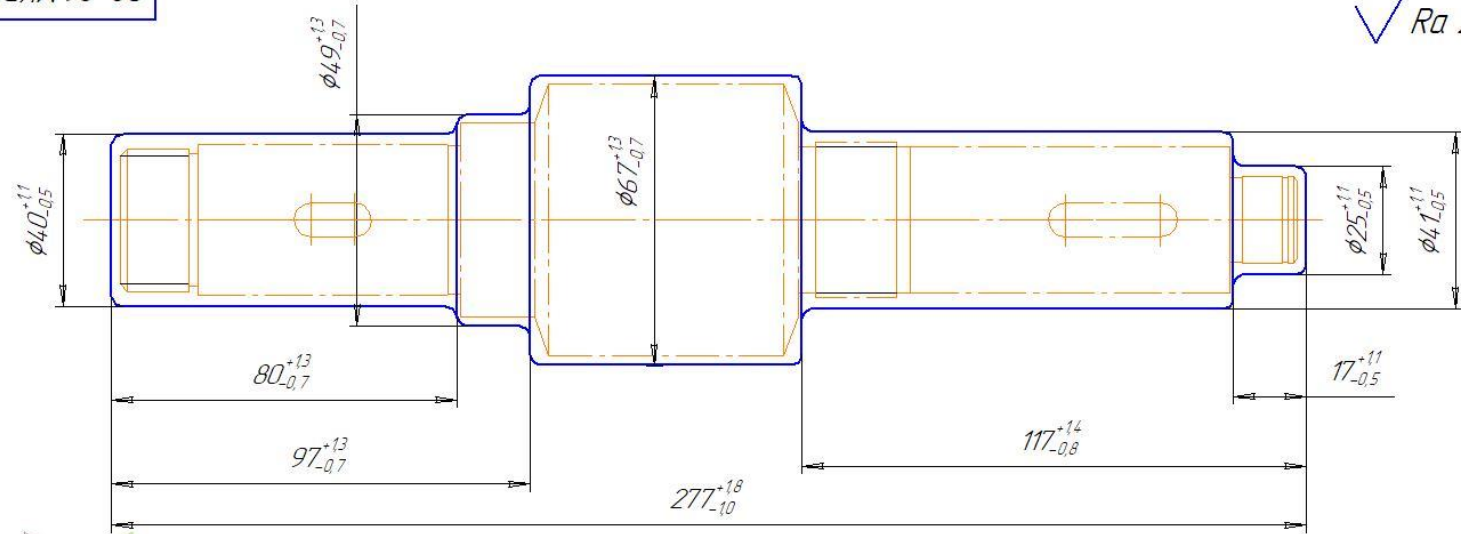
**Вал 54.12.01**

Сталь 10X17H13M2T ГОСТ 25054-81

Копировал

08-26.МКР.010.00.002

√ Ra 25



- 1 Клас точності штамповки - Т3, група сталі - М2, ступінь складності - С2
- 2 Невказані штампувальні нахили 7°, радіуси 2,5 мм
- 3 Допускається заусенець 5 мм

- 4 Допустиме зміщення по площині роз'єму штампу 0,5мм
- 5 Невказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм
- 6 Допускаємо відхилення від площинності 1 мм

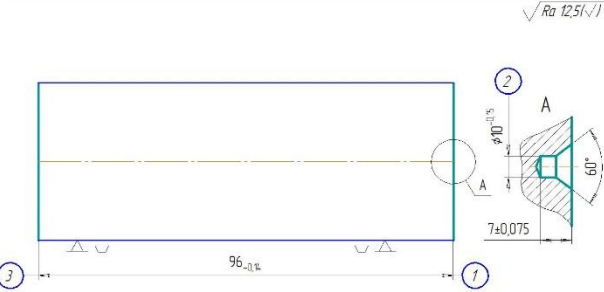
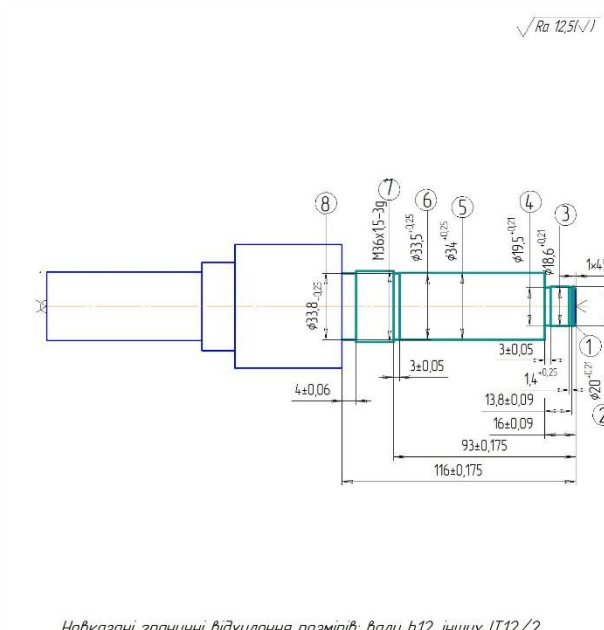
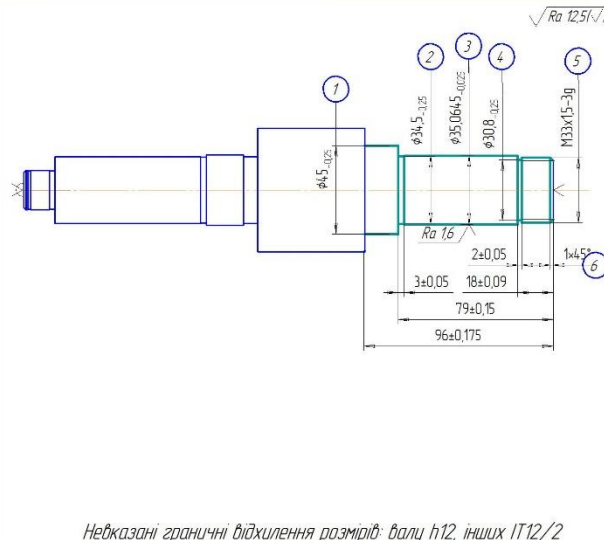
				<b>08-26.МКР.010.00.002</b>		
				<b>Вал 54.12.01</b>		
				<b>(штамповка)</b>		
Лист	Маса	Масштаб				
4		1:1				
				Лист 1 Листов		
				ВНТУ		
				зр 1ПМ-21М		
				Сталь 10Х17Н13М2Т ГОСТ 25054-81		

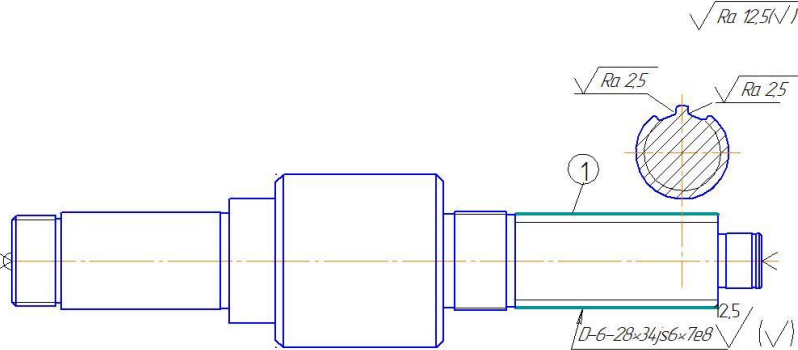
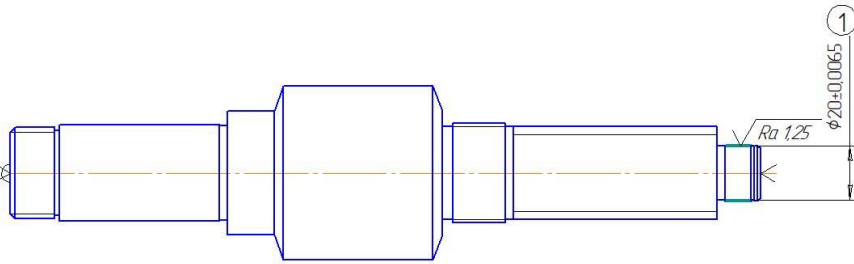
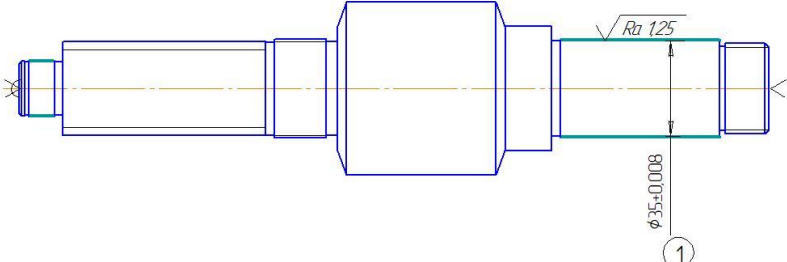
Копіював

Формат А3

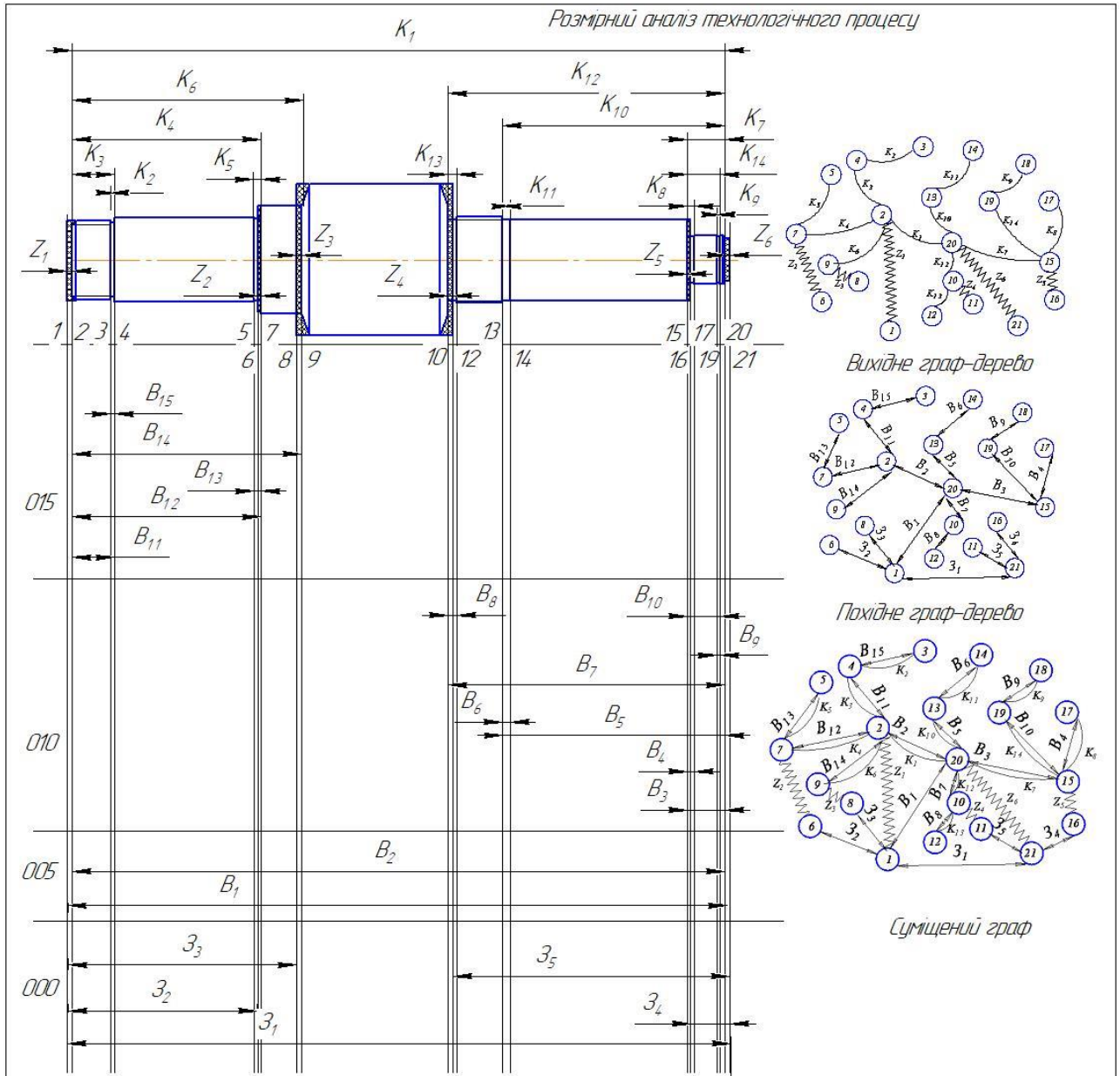
Перв. примеч.	
Справ. №	
Лист	
Взам. инв. №	
Инв. №	
Лист	
Инв. №	

## Маршрут механічної обробки

№ операції	Операції і переходи	Ескізи та схема установки	Тип обладнання
005	<p><b>Фрезерно-центрувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити деталь</li> <li>2 Фрезерувати торець 1 та 3 в розмір згідно ескізу</li> <li>3 Свердлити центральні отвори 2 та 4 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>4 Зняти деталь</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{1})}</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів: валу h12, інших IT12/2</i></p>	<p>фрезерно-центрувальний МР71</p>
010	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Точити поверхню 1 в розмір, згідно ескізу, попередньо поверхню 2 в розмір <math>20,7^{+0,125}</math> та поверхню 5, 7, витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>3 Точити попередньо поверхню 2 в розмір <math>20,3^{+0,031}</math></li> <li>4 Точити канавку 4 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>5 Точити канавку 6 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>6 Точити канавку 8 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>7 Точити канавку 3 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Точити остаточно поверхню 2 в розмір вказаний на ескізі</li> <li>9 Нарізати різь на поверхні 7 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>10 Зняти деталь</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{1})}</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів: валу h12, інших IT12/2</i></p>	<p>Токарна з ЧПК 16К20Ф3</p>
015	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Точити поверхні 6 та 5 в розмір, згідно ескізу, попередньо поверхню 3 в розмір <math>36^{+0,125}</math> та поверхню 1 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>3 Точити попередньо поверхню 3 в розмір <math>35,294^{+0,031}</math></li> <li>4 Точити канавку 2 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>5 Точити канавку 4 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>6 Точити остаточно поверхню 3 в розмір вказаний на ескізі</li> <li>7 Нарізати різь на поверхні 5 витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Зняти деталь</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{1})}</math></p>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів: валу h12, інших IT12/2</i></p>	<p>Токарна з ЧПК 16К20Ф3</p>

№ операції	Операції і переходи	Ескіз та схема установки	Тип обладнання
020	<p><b>Шліцефрезерна</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Нарізати шліци на поверхні 1 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>3 Зняти деталь</p>		шліце-фрезерний 5350A
025	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обточувати поверхню 1</p> <p>3 Зняти заготовку</p>		Токарний 16K20
030	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обточувати поверхню 1</p> <p>3 Зняти заготовку</p>		Токарний 16K20





Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланоків

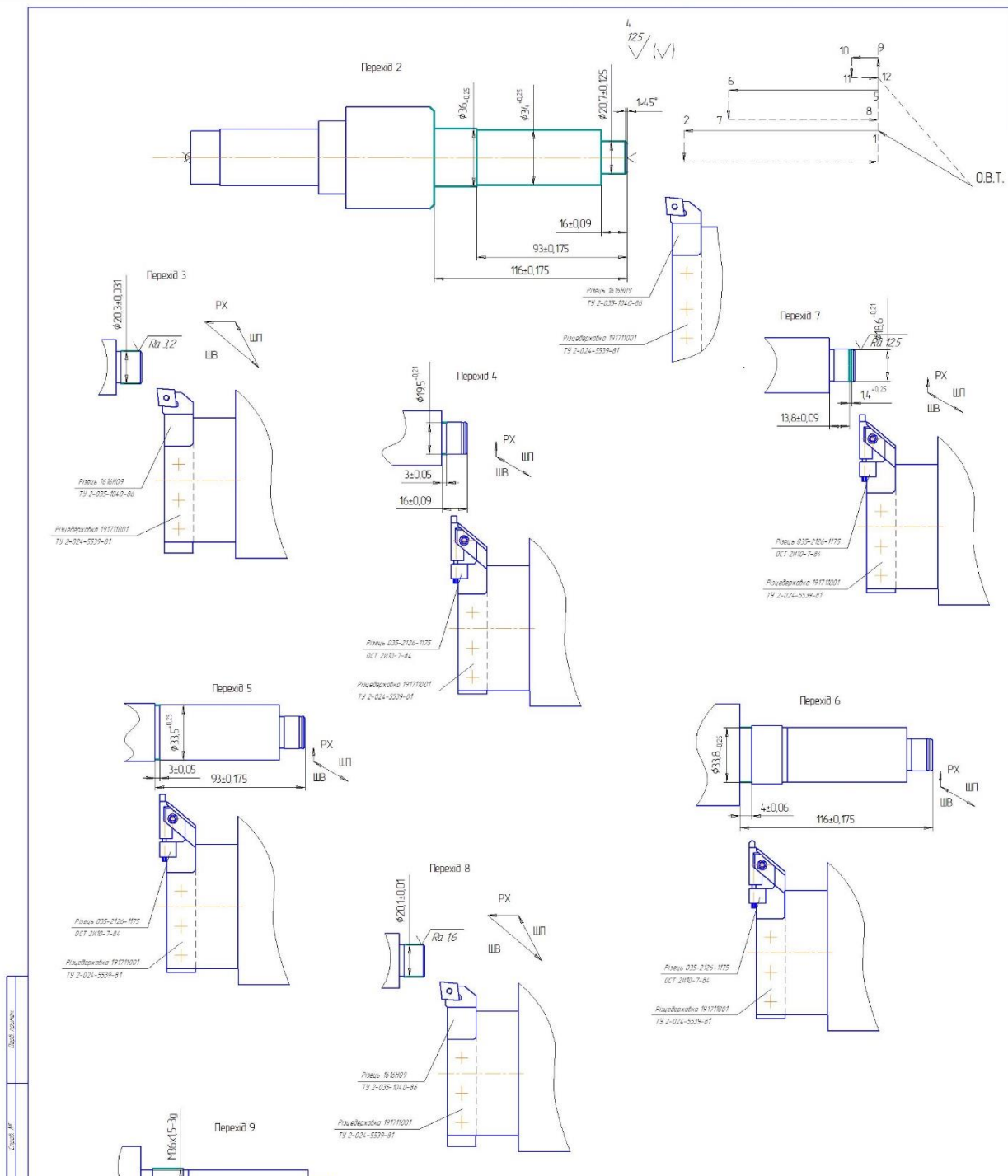
Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
$B_1 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	$B_2$
$B_1 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	$B_3$
$B_1 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	$B_4$
$B_1 - K_{10} = 0$	$B_5 = K_{10}$	$B_5$
$B_4 - K_{11} = 0$	$B_6 = K_{11}$	$B_6$
$B_7 - K_{12} = 0$	$B_7 = K_{12}$	$B_7$
$B_4 - K_{13} = 0$	$B_8 = K_{13}$	$B_8$
$B_9 - K_8 = 0$	$B_9 = K_8$	$B_9$
$B_{10} - K_{14} = 0$	$B_{10} = K_{14}$	$B_{10}$
$B_{11} - K_5 = 0$	$B_{11} = K_5$	$B_{11}$
$B_{12} - K_4 = 0$	$B_{12} = K_4$	$B_{12}$
$B_{13} - K_6 = 0$	$B_{13} = K_6$	$B_{13}$
$B_{14} - K_9 = 0$	$B_{14} = K_9$	$B_{14}$
$B_{15} - K_7 = 0$	$B_{15} = K_7$	$B_{15}$
$B_2 - B_1 + Z_1 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_1$	$B_1$
$Z_1 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_1$	$Z_1$
$Z_2 - B_{12} - Z_1 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_{12} + Z_1 - Z_2$	$Z_2$
$Z_3 - B_{11} - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_{11} + Z_1 - Z_3$	$Z_3$
$Z_4 - B_5 - Z_2 + Z_4 = 0$	$Z_4 = B_5 + Z_2 - Z_4$	$Z_4$
$Z_5 - B_7 - Z_4 + Z_5 = 0$	$Z_5 = B_7 + Z_4 - Z_5$	$Z_5$

Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
$Z_1$	0,6	1,92
$Z_2$	0,6	1,7
$Z_3$	0,6	3,14
$Z_4$	0,6	3,917
$Z_5$	0,6	3,31
$Z_6$	0,6	2,7

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

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
$Z_1$	275,23	276,52	1,3	275,91		275,91(±0,65)
$Z_2$	78,11	78,85	0,74	78,48		78,48(±0,37)
$Z_3$	94,955	95,825	0,87	95,39		95,39(±0,435)
$Z_4$	15,48	15,91	0,43	15,695		15,69(±0,21)
$Z_5$	114,955	115,825	0,87	115,393		115,39(±0,43)
$B_1$	273,86	274,66	0,8	274,26	274,26(±0,4)	
$B_2$	272,74	273,26	0,52	273	273(±0,26)	
$B_3$	15,91	16,09	0,18	16	16(±0,09)	
$B_4$	3,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
$B_5$	92,825	93,175	0,35	93	93(±0,175)	
$B_6$	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
$B_7$	115,825	116,175	0,35	116	116(±0,175)	
$B_8$	3,94	4,06	0,12	4	4(±0,06)	
$B_9$	1,4	1,65	0,25	1,4	1,4(+0,25)	
$B_{10}$	13,71	13,89	0,18	13,8	13,8(±0,09)	
$B_{11}$	17,91	18,09	0,18	18	18(±0,09)	
$B_{12}$	78,85	79,15	0,3	79	79(±0,15)	
$B_{13}$	2,94	3,06	0,12	3	3(±0,06)	
$B_{14}$	95,825	96,175	0,35	96	96(±0,175)	
$B_{15}$	1,94	2,06	0,12	2	2(±0,06)	

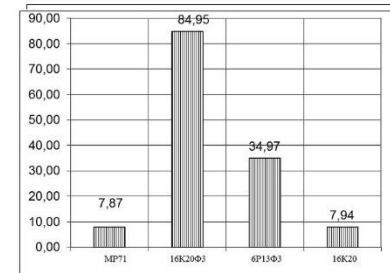
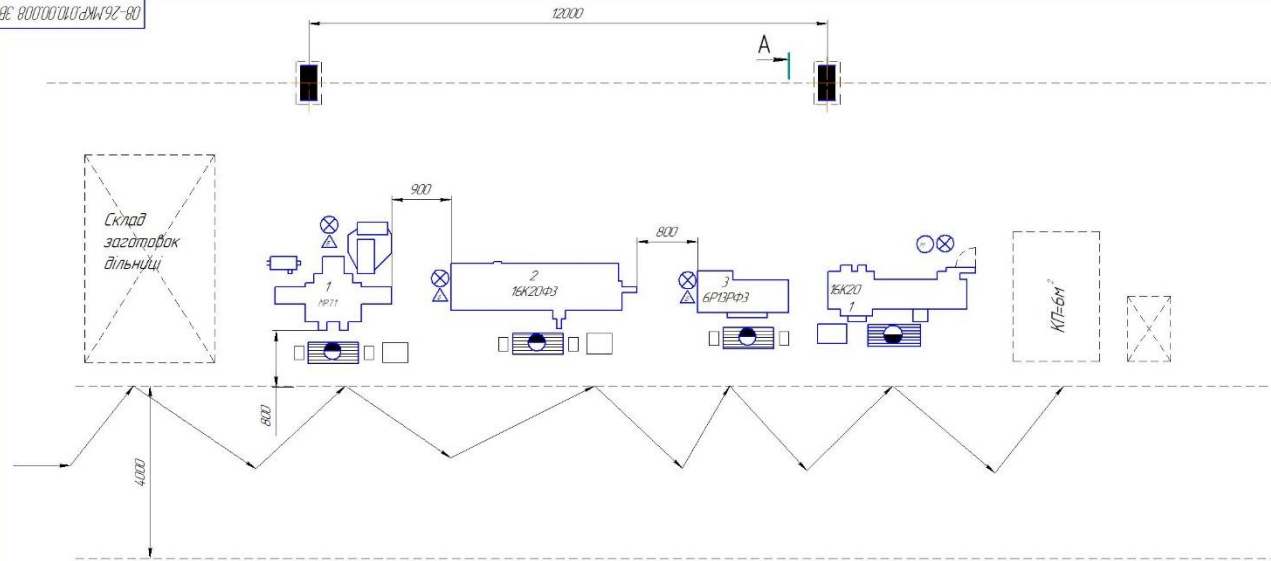


Лист № 001  
Лист № 002  
Лист № 003  
Лист № 004  
Лист № 005  
Лист № 006  
Лист № 007  
Лист № 008  
Лист № 009  
Лист № 010

010	9	Нарізка різ на поверхні	186	15		15	
	8	Точіння поверхні остаточно	173	0.2	977	0.28	
	7	Точіння канавки	126	2	644	0.103	
	6	Точіння канавки	126	3	644	0.103	
	5	Точіння канавки	126	2	644	0.103	
	4	Точіння канавки	126	3	644	0.103	
	3	Точіння поверхні попереднє	173	1	977	0.28	
	2	Точіння поверхні попереднє	108,5	12	462	0.34	
	№ опер	№ пер	Токарна з ЧК	№К20Ф3	V	т	п
		ЦЕНТРА	11/30	т	мм	об/хв	мм/хв
08-26.МЖР.010.00.005.КН							
Карта налагоджень							
Лист	Лист	№ докум	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб	Фабрикант	ТТ	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Рисуваль	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
ВНТЧ ар. 818-214							
Формат А1							

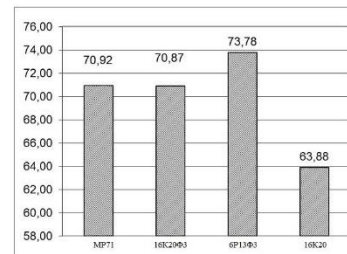
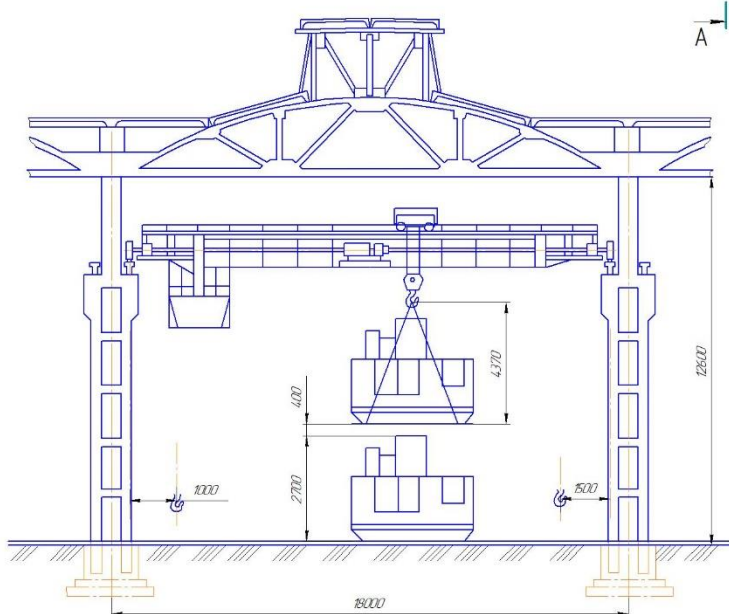


ВР 80000010.0009.3В



Графік завантаження

A-A



Графік використання обладнання за основним часом

Технічна характеристика дільниці

- Площа дільниці (м<sup>2</sup>)
  - загальна - 120 м<sup>2</sup>
  - виробнича - 90 м<sup>2</sup>
- Кількість працюючих (чол)
  - робітників основних - 4
  - допоміжних - 1
  - ІТР - 1
  - СКП - 1
  - МОП - 1
- Верстатів - 4

08-26 МКР 010.00.009.3В				Лист	Масштаб	Масштаб
Розробник	Виконавець	Дата	Сторінка	11		
Відомство	Листів	Всього	Всього	ВНТУ	1711-211	

**МКР 131 Прикладна механіка ТАМ ВНТУ**