

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

Пояснювальна записка

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

на тему:

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі
типу «Вал В41»
08-26.МКР.021.00.000 ПЗ

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

Савчук С.І. _____

Керівник: к.т.н., ст. викл. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

«___» _____ 20__ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«___» _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ - 2019 року

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

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

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

«04» жовтня 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Савчук Сергій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): __ Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал В41»

керівник МКР Сердюк Ольга Валентинівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня 2019

3. Вихідні дані до МКР: _____

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

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

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Буренніков Ю.А.		
Економічна частина	Руда Л.П.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак І.П.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник МКР

АНОТАЦІЯ

Савчук С.І. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал В41». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2019 - 120с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

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

ABSTRACT

Savchuk S.I. Improvement of the technological process of machining workpiece workpiece type "Val B41". - Vinnytsia: VNTU, department there, 2019 - 120s. RPZ, 10 sheets of A1 format.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБКОЧУВАННЯ РОЛИКОМ	10
1.1 Аналіз впливу параметрів процесу на інтенсивність зміцнення та накопичення пошкоджень	10
1.2 Обладнання для поверхневої пластичної деформації	14
1.3 Дослідження якості поверхневого шару деталі після обкочування	15
1.4. Висновки	21
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	26
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	32
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	36
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	46
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	49
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	50
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	53
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	57
2.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	62
2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	67
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	70

2.11	Проектування дільниці механічної обробки	72
2.12	Висновки	80
3	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	81
3.1	Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
3.2	Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84
3.3	Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	86
3.4	Виявлення основних конкурентів.....	88
3.5	Обрання методу ціноутворення.....	90
3.6	Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	94
3.7	Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	96
3.8	Прогнозування витрат на виконання роботи.....	98
3.9	Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.10	Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.11	Висновки.....	103
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	104
4.1	Аналіз умов праці.....	104
4.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	108
4.2	Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.4	Дослідження стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...	112
4.5	Висновки.....	114
	ВИСНОВКИ.....	119
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	
	ДЖЕРЕЛ.....	120
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Підвищення робочих швидкостей і навантажень викликає необхідність підвищення надійності і довговічності машин. Більша частина деталей піддається одночасному впливу перемінних навантажень, що викликають значне зниження втомлюваної міцності матеріалу.

Основні види деформації – згин і кручення викликають максимальні напруження саме на поверхні деталі. Поверхні ж деталей мають як правило понижено втомлювану міцність, внаслідок того, що в результаті попередньої обробки цілість кристалічної будови металу на поверхні порушена. Поверхня металу, оброблена різанням, представляє собою дещо розмазаним шар з вирваними частинками на окремих ділянках. Така поверхня відрізняється від внутрішніх шарів не тільки зруйнованою і деформованою кристалічною решіткою, але і своїми фізичними властивостями. Дрібні риси і царапини, отримані при механічній обробці, викликають концентрацію напружень, під дією яких формуються невеликі, поступово зростаючі тріщини, що приводять в подальшому до руйнування деталі. Гази і пари, які є в атмосфері, діючи на поверхню обробленої деталі, викликають корозію, інтенсивність якої залежить від якості і стану поверхні.

Для зміцнення поверхні, а відповідно, і всієї деталі в цілому виконується поверхневе зміцнення деталей: термічна і хіміко-термічна обробка різних видів, механічна обробка різних видів. До першої групи відносяться : цементация з послідуною закалкою, азотування, поверхнева закалка при нагріві токами високої частоти і т.п..

Актуальність теми

Важливу роль у підвищенні продуктивності праці відіграє правильна організація виробництва, впровадження передових методів і нових технологій обробки деталей, використання ефективних заходів щодо матеріало- та енергоощадності, а також раціональність вибору технологій

виготовлення виробів. Одним із найбільш перспективних методів підвищення ступеня зміцнення машин є обкатка роликом

Метою роботи метою магістерської кваліфікаційної роботи є модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження процесу обкочування поверхонь валу і розробка рекомендацій по вибору інструменту і режимів обробки для обкочування.

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;

- проектування маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК;

- дослідження процесу обкочування поверхонь роликом валу і розробка рекомендацій по вибору інструменту і режимів обробки для обкочування.

Об'єкт дослідження: процес обкочування поверхонь деталей роликами.

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

Методи дослідження. Методи теорії розмірних ланцюгів, які дозволили виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу, проаналізувати варіанти і провести точнісні розрахунки верстатного пристосування; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання; методи теорії автоматичного керування; метод імітаційного моделювання; метод імітаційного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів Наукову новизну роботи складають результати досліджень характеристик процесу обкочування.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в

удосконаленні технологічного процесу механічної обробки, а зокрема фінішної операції заготовки деталі типу «Вал В41»; при цьому запропоновані такі нові рішення:

- для найбільш доцільних способів виготовлення заготовки штамповки на КГШП і прокату спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки є прокат;

- розроблений оригінальний технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого технологічного процесу потребує від інвестора вкладень термін окупності яких складає 2,4 року;

- для фінішної обробки запропоновано обробка обкочуванням, що дозволило збільшити твердість поверхневого шару, зменшити шорсткість.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: дослідження напружено-деформованого стану від параметрів процесу.

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

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

1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБКОЧУВАННЯ РОЛИКОМ

1.1 Аналіз впливу параметрів процесу на інтенсивність зміцнення та накопичення пошкоджень

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

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

Оцінити величину використаного ресурсу пластичності в поверхневому шарі металу можна розрахунковим шляхом або експериментально можна визначити цю величину шляхом вимірювання зміни пористості поверхневого шару металу. Так як для оцінки зміни пористості необхідно проводити дуже точні вимірювання, то в більшості випадків величину використаного ресурсу пластичності визначають розрахунковим шляхом, а залежність зносостійкості від величини використаного ресурсу пластичності визначають експериментально. Тому актуальною залишається проблема розробки досконалих методів розрахунків величини використаного ресурсу

пластичності в поверхневому шарі металу в залежності від параметрів процесу поверхневого пластичного деформування.

У даній роботі розглядається статичний метод зміцнення металу поверхневим пластичним деформуванням обкочуванням роликом. Обкочування роликом відноситься до статичних методів поверхневої пластичної деформації. При обкочуванні відбувається зміцнення поверхневого шару металу, вирівнювання шорсткості або згладжування поверхневих нерівностей і виступів, а також утворення залишкових напружень стиску. При цьому на поверхні утворюється шар металу, міцність якого відмінна від міцності основного металу. Глибина цього шару, або глибина наклепу, залежить від параметрів обкочування (режимів). Змінюючи їх, можна отримати поверхню з різними показниками шорсткості, твердості і наклепу, в залежності від вимог, що висуваються до готової деталі. На даний час багато зроблено досліджень для того, щоб оптимізувати керування процесом для отримання необхідного зміцнення поверхневого шару металу деталі та відповідних значень інших параметрів поверхні, але практично не досліджувались питання по оцінці величини використаного ресурсу пластичності в металі поверхневого шару.

Значення міцності поверхневого шару оброблюваного матеріалу залежить від технологічних режимів зміцнення, фізико-механічних властивостей, структури і хімічного складу матеріалу. Найбільший вплив на зміцнення має тиск деформуючого елемента в місці контакту і кратність прикладання цього тиску. Значення тиску визначається силою обкочування, геометрією деформуючого елемента та деталі, а також фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу. Кратність прикладання тиску залежить від подачі, довжини лінії контакту, кількості проходів та конструкції деформуючих елементів [2].

Так, наприклад, збільшуючи силу обкочування можна отримати більшу глибину наклепу, але меншу поверхневу твердість. Кількість проходів

збільшує твердість але при великих зусиллях, а при малих – на параметр твердості майже не впливає.

Також відомо, що при збільшенні величини подачі, збільшуються залишкові напруження, характеристики зміцнення, внаслідок збільшення осьової течії металу. Але при перевищенні певного значення, яке залежить від матеріалу та ін. показників, збільшується шорсткість (мікронерівність, хвилястість), зменшується поверхнева твердість металу внаслідок зменшення кратності прикладання навантаження.

Потрібно також враховувати, що при обкочуванні перед робочою поверхнею кульки утворюється хвиля деформованого металу, яка впливає на якість поверхні [2]. У роботі [3] запропоновано ідею здійснювати обробку (зміцнення, обкочування роликом) в протилежних напрямках, для отримання вищих показників твердості. Проте досі питання залишається відкритим (до кінця не вивчене), оскільки було проведено мало експериментів, до того ж воно не розглядалось для випадку обкочування кулькою.

В даній частині роботи виконані дослідження процесу обкочування роликом як в одному, так і в протилежних напрямках. В даному випадку немонотонність навантаження обумовлена не тільки послідовними розвантаженнями, але і зміною на протилежні знаків напружень і деформацій. Немонотонність навантаження ускладнює оцінку як ступеня зміцнення, так і величини використаного ресурсу пластичності, так як в цьому випадку непридатна скалярна модель накопичення пошкоджень, обумовлених пластичною деформацією. Для оцінки ступеня зміцнення нами буде використана гіпотеза про те, що крива течії даного металу є єдиною і не залежить від умов формозмінення, а для оцінки величини використаного ресурсу пластичності буде використана тензорна модель процесу накопичення пошкоджень, приведена в попередньому параграфі.

Прийняті моделі зміцнення та накопичення пошкоджень будуть використані для того, щоб підібрати такі режими обкочування, при яких ступінь зміцнення поверхневого шару металу був би найбільшим при заданій

величині використаного ресурсу пластичності, глибина наклепу відповідала поставленим до деталі вимогам і мікроструктура поверхневого шару металу була мілкозернистою.

Отримані залежності твердості від кількості проходів в одному напрямку та в прямому і протилежному напрямках. Із аналізу отриманих результатів випливає, що твердість поверхневого шару металу збільшується зі збільшенням числа проходів ролика по двох схемах обкочування. При обкочуванні в одному напрямку твердість, в залежності від загальної кількості проходів, зростає більш інтенсивно, ніж при обкочуванні в прямому та послідуєчому зворотному напрямках. При кількості проходів більше десяти ($n > 10$) в одному напрямку починається руйнування поверхневого шару металу (шелушіння). А при обкочуванні в прямому та протилежному напрямках шелушіння починається при загальній кількості проходів більше двадцяти ($n > 20$). Із порівняння двох схем обкочування можна зробити висновок, що при обкочуванні в прямому та зворотному напрямках інтенсивність накопичення пошкоджень в поверхневому шарі металу майже в два рази менша, ніж при обкочуванні в одному напрямку. При цьому величина зміцнення при двадцяти проходах в прямому та протилежному напрямках перевищує величину зміцнення при десяти проходах в одному напрямку на $\approx 25\%$. Такі результати пояснюються тим, що із збільшенням величини накопиченої пластичної деформації інтенсивність зміцнення з ростом пластичної деформації зменшується. Появу шелушіння в другому випадку після значно більшого числа проходів можна пояснити немонотонністю навантаження. Щоб повністю оцінити переваги та недоліки отриманих експериментальних результатів необхідно виконати оцінку величини використаного ресурсу пластичності в обох випадках.

Дослідження впливу кількості проходів на поверхневу твердість зразків зі сталі 45 показав, що зі збільшенням числа проходів від 5 до 15 поверхнева твердість зростає, при цьому з кожним наступним проходом інтенсивність збільшення твердості значно падає. Такий результат

обумовлений тим що, як впливає із кривої течії сталі 45, із збільшенням величини накопиченої пластичної деформації інтенсивність зміцнення зменшується.

Інтенсивність накопичення пошкоджень зменшується із збільшенням числа проходів. Інтенсивність накопичення пошкоджень зменшується також із зменшенням навантаження на ролик. Крім того, інтенсивність накопичення пошкоджень, як це видно із отриманих експериментальних результатів, залежить від умов тертя в області контакту ролика із поверхнею заготовки, які залежать як від характеристик змащувальної рідини, так і від зусилля прикладеного до ролика.

1.1 Обладнання для поверхневої пластичної деформації

Відомий ролик для обкатування металевих деталей, робочий профіль якого виконаний у вигляді циліндричної спіралі. Крок спіралі більше ширини деформувального виступу витка спіралі, а діаметр ролика не кратний діаметру оброблюваної деталі. В основу моделі покладена задача створення ролика, в якому за рахунок того, що робочий профіль виконаний у вигляді циліндричної спіралі з змінним кроком від $2b$ до $0.5b$, де b – ширина смуги зміцнення; що дозволяє при зміщенні кожної із смуг зміцнення при одному оберті оброблюваної деталі забезпечувати необхідне перекриття зазначених смуг, без виникнення перенаклепу зміцнюваних поверхонь і за рахунок чого отримується рівномірний розподіл пластичних деформацій та залишкових напружень по довжині поверхні, що обкатується.

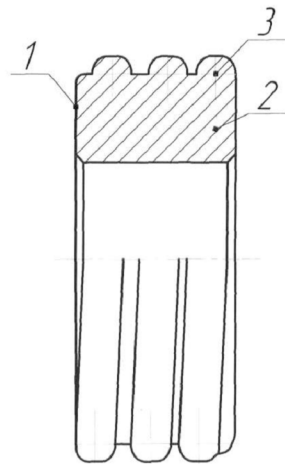


Рисунок 1.1 – Ролик для обкочування металевих деталей

На рис. 1.1 показаний вид ролику для обкочування металевих деталей. Циліндрична спіраль 1 і опорний циліндр виконані як одне ціле.

Ролик працює наступним чином. Ролик монтується з можливістю вільного обертання в підшипниках тримача. Силовий механізм закріплюється в різцетримачі токарного верстату. Після включення обертання шпинделя верстату ролик підводиться до деталі, силовим механізмом пристосування для обкочування створюється необхідне зусилля і ролик під дією подачі верстату переміщується вздовж оброблюваної поверхні, обертаючись разом із деталлю. Процес обробки проходить за один або два проходи, за один установ і за одну операцію, що робить його високопродуктивним і високоякісним.

1.3 Дослідження якості поверхневого шару деталі після обкочування

Дослідження шорсткості проводилися на лазерному сканері Nanosurf Easyscan 2 AFM, конструкція якого показана на рисункові 1.2. Лазерне сканування це технологія безперервних вимірювань, що дозволяє з високою швидкістю і точністю визначити геометричні параметри об'єктів сканування. За принципом дії лазерний 3D сканер схожий з електронним тахеометром. Лазерний сканер оснащений високошвидкісним

безвідбивачевим, лазерним далекоміром і системою зміни напрямку променя лазера - спеціальним поворотним дзеркалом. Задавши область сканування (так званий сектор повороту дзеркала) і крок сканування в кожному напрямку можна отримати детальну зйомку об'єкта, що цікавить.

Система лазерного сканування складається з двох основних складових: лазерний 3D сканер і цифрова відеокамера. Перша моделює форму об'єкту сканування / об'єктів, а друга необхідна для точної передачі кольору об'єктів. За результатами лазерного сканування можна побудувати тривимірну модель об'єкту / об'єктів / місцевості.

Сканер вимірює похилу відстань, горизонтальний і вертикальний кути до точок на поверхні об'єктів сканування. Сканування здійснюються з дуже високою швидкістю - кілька тисяч вимірювань в секунду. У лічені хвилини сканер здійснює вимірювання кількох мільйонів точок з подальшим формуванням тривимірного зображення у вигляді хмари точок. Результатом зйомки є масив дискретних точок, кожна з яких має 3 просторові координати X Y Z і інформацію про колір.



Рисунок 1.2- Лазерний сканер Nanosurf Easyscan 2 AFM

Поточне положення сучасного лазерного сканера визначається за допомогою вбудованого GNSS приймача геодезичного класу. Для рухомих систем (мобільних і повітряних) лазерного сканування при виконанні зйомки в процесі руху використовуються GNSS інерціальна навігаційна

система (ІНС). Використання ІНС дозволяє врахувати реальну динаміку рухомого сканера і однозначно визначити координати кожної точки об'єкта лазерного сканування в просторі.

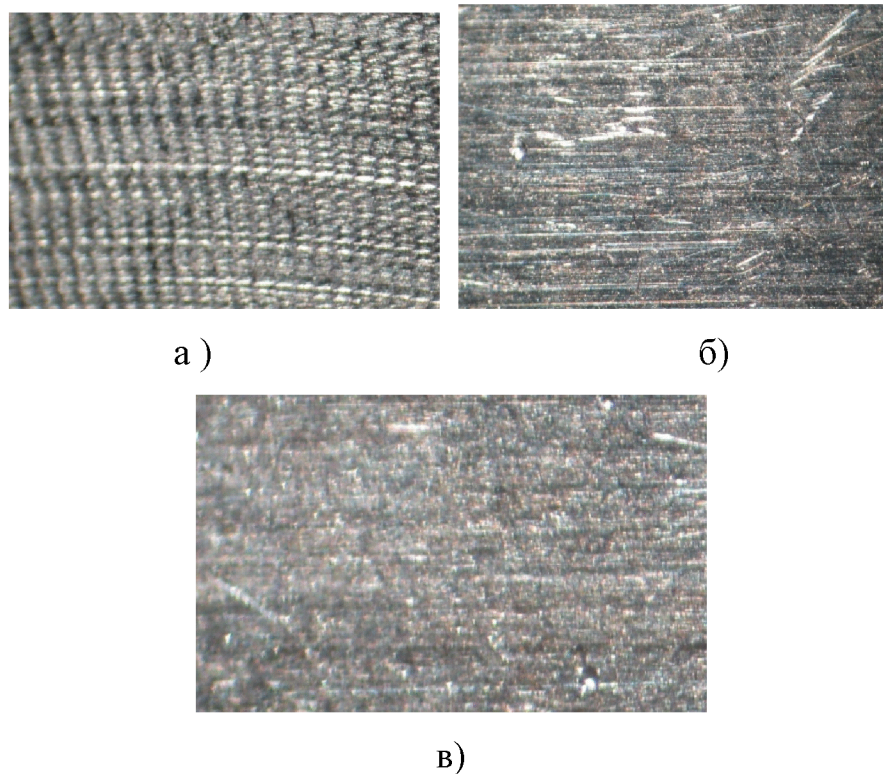


Рисунок 1.3 – Вид поверхні після точіння(а), обкочування циліндричним роликом(б), обкочування роликом із гвинтовою робочою поверхнею (3)

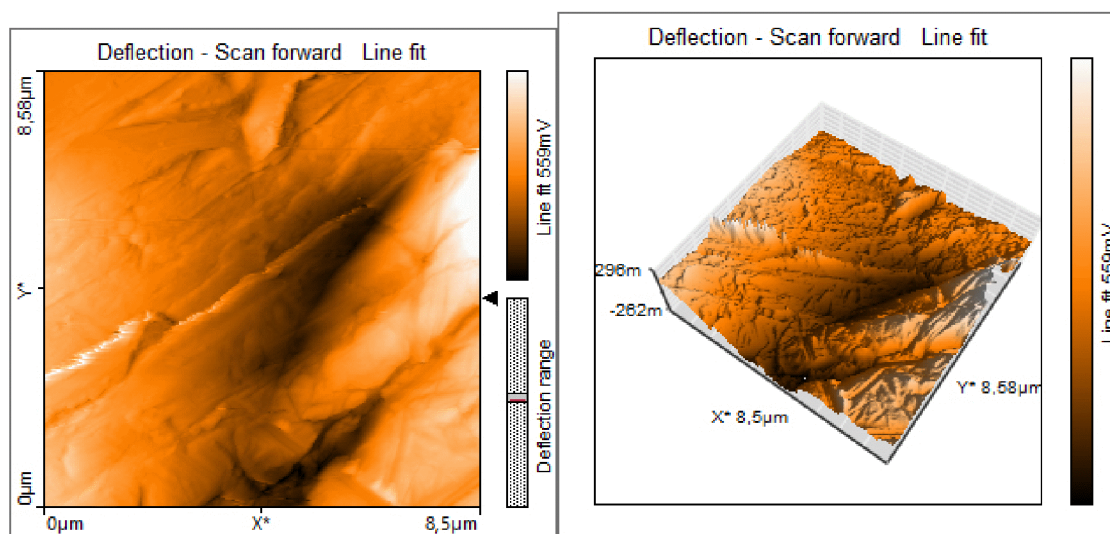


Рисунок 1.4 – Обкочування роликом роликом із гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямі

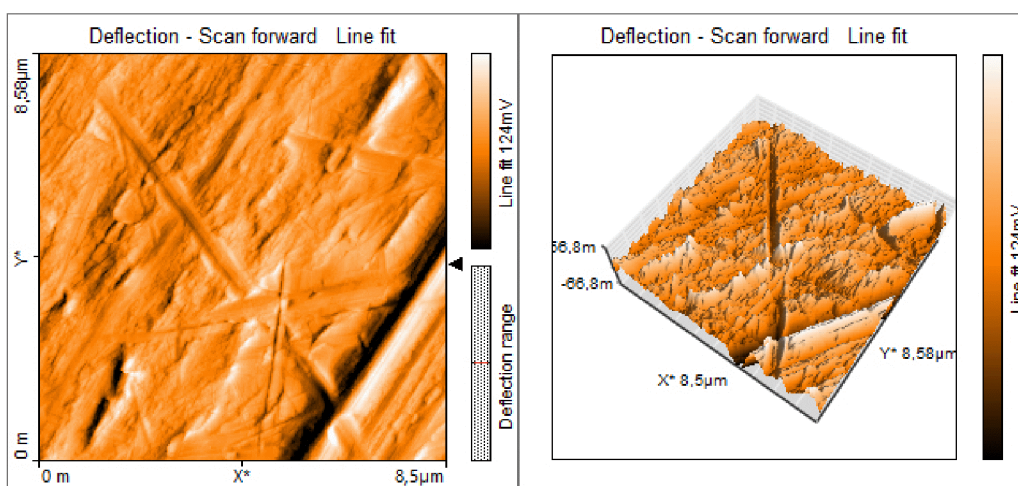


Рисунок 1.5 – Обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею в одному напрямі

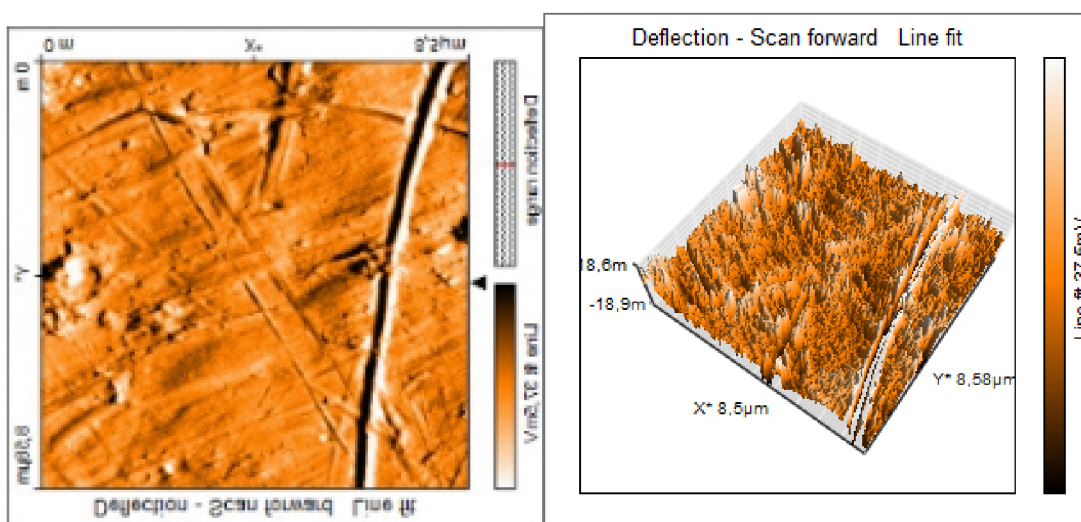


Рисунок 1.6 – Обкочування роликком циліндричним

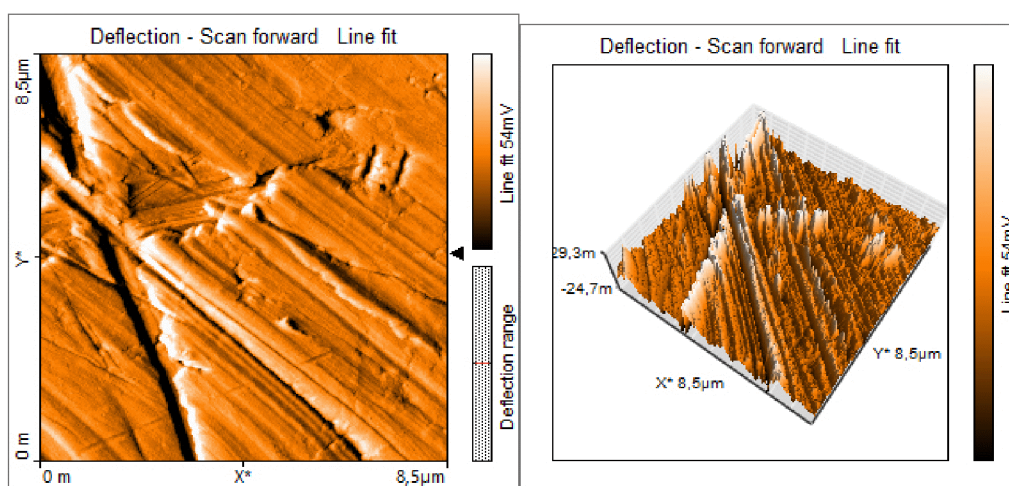


Рисунок 1.7 – Поверхня після тонкого точіння

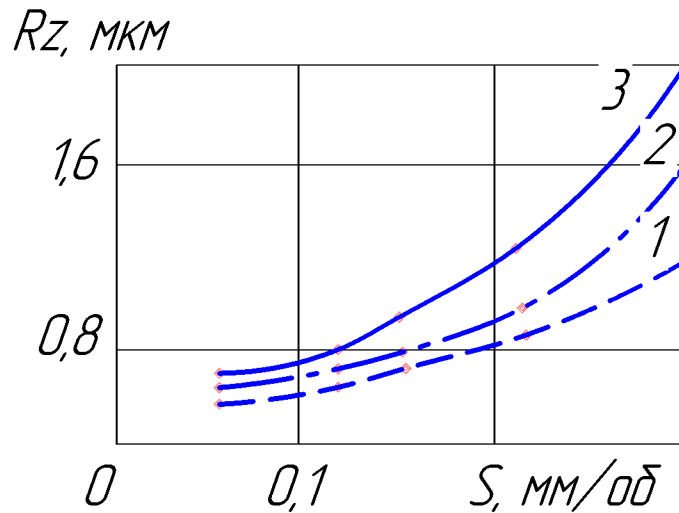


Рисунок 1.8 - Залежність параметру шорсткості Rz від подачі S при обкочуванні сталі ШХ15 ($\rho=1500$ Мпа; $\nu=80$ м/хв) для різних діаметрів ролика: 1 – $D=40$ мм; 2 – $D=20$ мм; 3 – $D=9,4$ мм.

Крім того виконано дослідження для різних матеріалів. В незагартованих сталей і титанових сплавах (рис. 1.7 – 1.8) внаслідок обкочування нерівності зменшуються в 8 – 20 раз, а високоміцних (загартованих) в 3 – 6 раз (рис. 1.19).

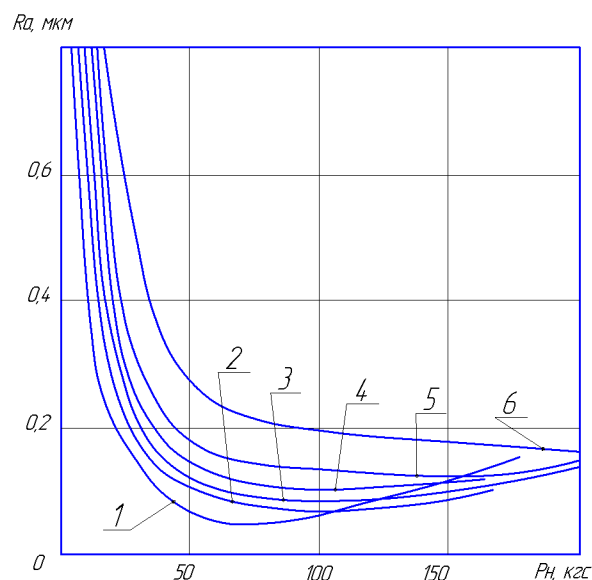


Рисунок 1.9- Залежність шорсткості від зусилля і марки сталі при обкочуванні: 1– сталь 20; 2 – сталь ШХ15; 3 – сталь 45; 4 – сталь 20ХН3А; 5 – сталь У8; 6 – сталь 18ХГТ.

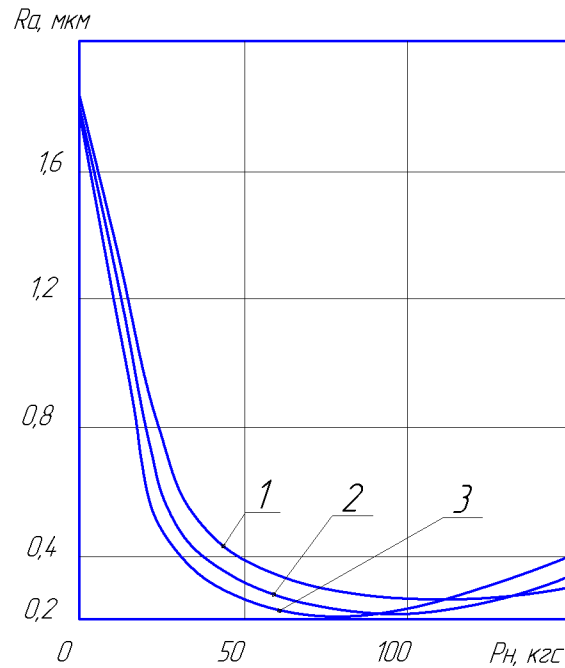


Рисунок 1.1 - Залежність шорсткості від зусилля при обточуванні титанових сплавів: 1– VT9; 2 – VT8; 3 – VT3-1.

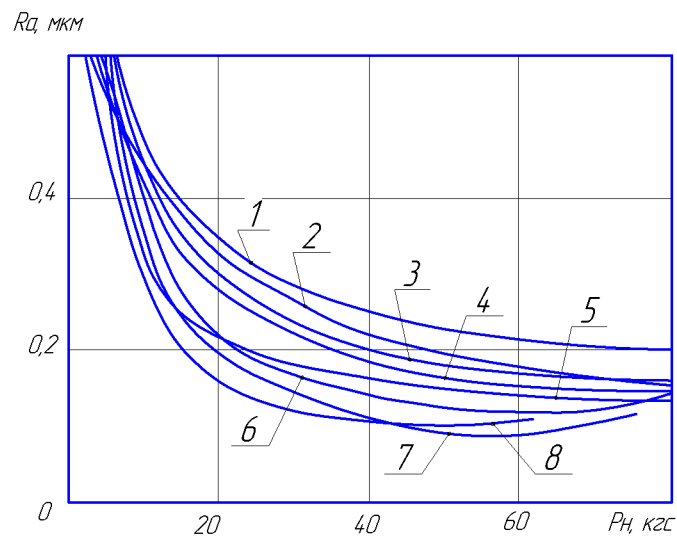


Рисунок 1.11 - Вплив зусилля обточування на шорсткість поверхні при обточуванні зразків з загартованої сталі: 1– сталь ЭИ347Ш (HRC 63); 2 – сталь ШХ15 (HRC 62); 3 – сталь 14Х2Н3МА (HRC 61-62); 4 – сталь ШХ15 (HRC 58); 5 – сталь 14Х2Н3МА (HRC 57-58); 6 – сталь 40Х (HRC 54); 7 – сталь 50Г2 (HRC 48); 8 – сталь 40Х (HRC 36-40).

Зниження шорсткості обкочуваної поверхні досягається шляхом збільшення діаметру оброблювального інструменту. Про це свідчить рис.1.11.

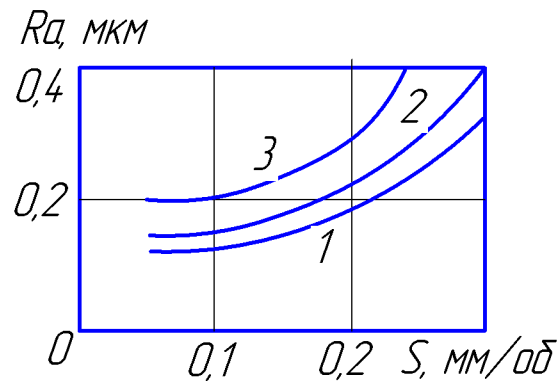


Рисунок 1.12 - Вплив подачі на шорсткість поверхні при обкочуванні зразків з загартованої сталі ШХ15 (HRC 58–59) роликками діаметром: 1 – 10 мм; 2 – 6 мм; 3-4 мм.

1.4 Висновки

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

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

2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

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

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

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 В41” і занесені до таблиці 1.1, це точіння попереднє та остаточне поверхонь $\varnothing 44$, $\varnothing 42$, $\varnothing 64$, $\varnothing 42$, $\varnothing 44$. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад для попереднього і остаточного точіння поверхні $\varnothing 44$ на довжину 71 (попереднє):

$$T_{осн} = 0,18 \cdot 44 \cdot 71 \cdot 0,001 = 0,96 \text{ (хв)}$$

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

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

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

Для розточування отвору $\varnothing 44$ отримаємо:

$$T_{шт-к}=0,96 \cdot 1,5=1,44 \text{ (хв)}.$$

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

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

де $N = 5800$ шт. – річна програма випуску деталі “Поршень 54.12”;

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

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

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

Відповідно необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 5800 \cdot 1,44 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,05$$

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

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При точінні поверхні $\varnothing 40$ він рівен 0,048.

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

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

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

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

Наприклад, при точінні поверхні $\varnothing 44$ отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,048 = 15,72$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 42$ мм:

$$T_{очн} = (0,18 \cdot 42 \cdot 27 + 0,2 \cdot 42 \cdot 27 + 0,22 \cdot 42 \cdot 27) \cdot 0,001 = 1,134 \text{ (хв)}$$

$$T_{шт-к} = 1,134 \cdot 1,5 = 1,7 \text{ (хв)}$$

$$C_{р1} = 5800 \cdot 1,7 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,06$$

$$O_1 = 0,75 / 0,06 = 13,31$$

При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 64$ довжиною 20 мм:

$$T_{очн} = (0,18 \cdot 64 \cdot 20 + 0,2 \cdot 64 \cdot 20 + 0,22 \cdot 64 \cdot 20) \cdot 0,001 = 1,617 \text{ (хв)}$$

$$T_{шт-к} = 1,617 \cdot 1,5 = 2,43 \text{ (хв)}$$

$$C_{р1} = 5800 \cdot 2,43 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,08$$

$$O_1 = 0,75 / 0,08 = 9,33$$

При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 44$ довжиною 42 мм:

$$T_{очн}=(0,18\cdot44\cdot42+0,2\cdot44\cdot42+0,22\cdot44\cdot42)\cdot0,001=1,008 \text{ (хв)}$$

$$T_{шт-к}=1,008\cdot1,5=1,51 \text{ (хв)}$$

$$C_{р1}=5800\cdot1,51/60\cdot3890\cdot0,75=0,05$$

$$O_1=0,75/0,05=14,97$$

При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 42$ довжиною 29 мм:

$$T_{очн}=(0,18\cdot42\cdot29+0,2\cdot42\cdot29+0,22\cdot42\cdot295)\cdot0,001=0,72 \text{ (хв)}$$

$$T_{шт-к}=0,72\cdot1,5=1,08 \text{ (хв)}$$

$$C_{р1}=5800\cdot1,08/60\cdot3890\cdot0,75=0,04$$

$$O_1=0,75/0,04=20,96$$

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

$$\sum O_i = 15,72 + 13,31 + 9,33 + 14,97 + 20,96 = 74,29$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$

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

$$K_{з.о.} = 74,29/5 = 14,86$$

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1. Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

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

де 254 кількість робочих днів в року;

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

де $T_{\text{шт-ксер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{\text{шт-ксер}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к}_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.8)$$

де $T_{\text{шт-к}_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв	Тшт, хв	Ср	Р	h з.н.	h з.ф.	О	Кз. о
1	Точіння поверхні Ø44	0,96	1,44	0,05	1	0,75	0,05	15,72	14,86
2	Точіння поверхні Ø42	1,13	1,7	0,06	1		0,06	13,31	
3	Точіння поверхні Ø64	1,617	2,43	0,08	1		0,08	9,33	
4	Точіння поверхні Ø44	1,008	1,51	0,05	1		0,05	14,97	
5	Точіння поверхні Ø42	0,72	1,08	0,04	1		0,04	20,96	
	Всього	5,44	8,15		5			74,29	

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{um-\kappa_i} = (0,96 + 1,134 + 1,617 + 1,008 + 0,72) / 5 = 1,63 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_a = \frac{952}{1,63 \cdot 0,8} = 466 \text{ (шт)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{5800}{254} = 23 \text{ (шт)}$$

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

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

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

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

$$n = \frac{5800 \cdot 6}{254} = 137 \text{ (шт)}$$

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

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

$$c = \frac{1,63 \cdot 137}{476 \cdot 0,75} = 0,59$$

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

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,63} = 233 \text{ (шт)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 233 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 233 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь поршень є складовою циліндра. Спростувати конструкцію є недоцільно, оскільки деталь відносно простої конструкції.

Конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки та вести обробку на прохід, окрім шпоночних пазів.

Основними конструкторськими базами є поверхні $\varnothing 64e$ та торці, до яких вказані найвищі вимоги точності та шорсткості. В якості технологічних баз доцільно використовувати центровочні отвори.

Всі розміри на креслені можуть бути безпосередньо виміряні і проконтрольовані за допомогою універсального інструменту.

Враховуючи невеликий перепад діаметрів, та середньо серійний тип виробництва в якості заготовки доцільно використати прокат.

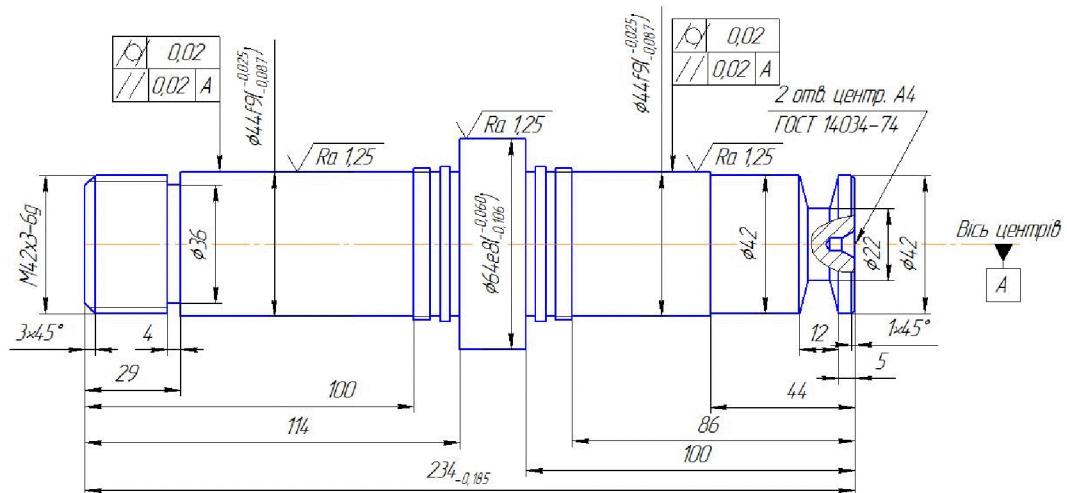


Рисунок 2.1 – Вал В41

Деталь має піддаватися термічній обробці, але вона не містить тонких стінок, які можуть піддаватися жолобленню при термічній обробці.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

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

де Q_{ue} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = (8 + 16 + 4 + 24) / (9 + 19 + 4 + 24) = 0,928 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 / Ш_{cp}; \quad (2.13)$$

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

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні;

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

Таблиця 2.2– Коефіцієнт уніфікації

Діаметральні розміри	Лінійні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
Ø44*	10*	45° *(4 пов.)	1,25 * (4 пов.)
Ø64*	5*		3,2 * (2 пов.)
Ø44*	44*		1,6 * (4 пов.)
Ø42*	86		6,3* (12 пов.)
Ø22	5*		
Ø42*	5*		
Ø36*	234 (2 пов)		
Ø44*	12(2 пов)*		
Ø44*	3(2 пов)*		
	29		
	1*		
	3 (2 пов)*		
	3 (2 пов)*		
	1 (2 пов)*		
$\Sigma_{\text{заг.}} = 9$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 19$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 24$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 8$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 16$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 24$

Таблиця 2.3- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	4 (Ø44, Ø64, Ø44, Ø42)	$1,25 \cdot 4 = 5$
1,6	4 (47-2 пов, 46-2 пов)	$1,6 \cdot 4 = 6,4$
3,2	2 (234)	$3,2 \cdot 2 = 6,4$
6,3	12	$6,3 \cdot 12 = 75,6$
Всього:	24	93,4

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 93,4/24 = 3,89$$

$$Кш = 1/3,89 = 0,257 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається:

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

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

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

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

Таблица 2.4 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
6	4 (Ø44, Ø64, Ø44, Ø42)	6·4=24
9	4 (47-2 пов, 46-2 пов)	9·4=36
12	2 (234-2 пов, 12)	12·3=36
14	11	14·11=154
Всього	24	250

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 250/24 = 10,42$$

$$K_T=1-1/10,42=0,904$$

За даним показником деталь є також технологічною.

Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

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

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

отримати отвір, тобто матимемо досить високий коефіцієнт використання матеріалу заготовки, що важливо, оскільки виробництво є серійним. Крім того заготовку можна отримати із прокату, оскільки деталь містить цілий ряд отворів, які не можуть бути отримані під час штампування через їх невеликі розміри.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

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

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

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

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

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

оброблених, що можливо в даному випадку. Тому буде використовуватися штампування в закритих штампах.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

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

Деталь виготовляється із Сталі 40Х, 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]:

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

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

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.} = 2,26 \cdot 1,3 = 2,93 \text{ (кг)}$$

Вал вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M = 32^2 \cdot 3,14 \cdot 234 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05^3 = 3,79 \text{ (кг)}$$

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

$$2,93/3,79 = 0,77$$

Отже згідно із ГОСТ 7505-89 поковка матиме 1 ступінь складності (С1)

Таблиця 2.5 - Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані		Штамповка на КГШП (закриті штампи)					
Клас точності		Т3					
Марка матеріалу		М2					
Ступінь складності		С1					
Індекс		10					
Конфігурація поверхні роз'єму штампа		П					
Припуски Додаткові: На зміщення по поверхні роз'єму штампа		0,3					
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності		0,4					
Радіуси заокруглень		2,5					
Основні припуски	Розрахункові розміри, мм						
	Ø44	Ø64	Ø42	44	114	100	234
	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Розміри заготовки	Ø48,2	Ø68,2	Ø46,2	44,3	114,1	100,2	238,8
Допуски: розмірів	1,4 ^{+0,9} -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,6 +1.1 -0,5	1,4 ^{+0,9} -0,5	2,2 ^{+1.4} -0,8
По величині зміщення роз'є- му штампа	0,6						
По вигнутості від площинності і прямолинійності	0,5						
Радіусів заокруглень	0,5						
Допустима величина заусенця	5,0						

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

Згідно [4] вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме –10 при штампуванні на КГШП.

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поверхні. Основний припуск на механічну обробку поковок визначається в залежності від вихідного індексу, лінійних розмірів та шорсткості поверхні деталі для кожного розрахункового розміра. Наприклад для Ø44 згідно [1] він складає 1,5 мм при вихідному індексі 10 і шорсткості 0,8 мкм (в межах до 1,25 мкм). Аналогічно визначається припуск на інші поверхні, результати занесено до таблиці 3.1.

Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4]. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (Т3) та найбільшого розміру заготовки (232 мм) в даному випадкові складає 0,4 мм відповідно.

З врахуванням прийнятих припусків при штампуванні на КГШП:

$$\text{Ø } 44+(1,5+0,3+0,3)\cdot 2=\text{Ø } 48,2 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø } 64+(1,5+0,3+0,3)\cdot 2=\text{Ø } 68,2 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø } 42+(1,5+0,3+0,3)\cdot 2=\text{Ø } 46,2 \text{ (мм);}$$

$$234+(1,8+0,3+0,3)\cdot 2=238,8 \text{ (мм);}$$

$$44+1,8-1,5=44,3 \text{ (мм);}$$

$$100+1,8-1,6=100,2 \text{ (мм);}$$

$$114+1,6-1,5=114,1 \text{ (мм).}$$

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

заносимо до таблиці

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

Оскільки, одним із варіантів обрано заготовку із прокату, то за довідником обрано прокат із сталі 70.

Розраховуємо граничні розміри заготовки:

$$\varnothing 64 + 2 \cdot 2,5 = 69 \text{ (мм)}.$$

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

Лінійний розмір 234 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

$$234 + 2 \cdot 5 = 244 \text{ (мм)}.$$

Доцільно отримувати матеріал довжиною 0,5м, що дозволить отримати із кожного 2 заготовки. При цьому прокат обирають виготовлений за 14 квалітетом точності.

Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і запобігання заклинювання пуансона при штампуванні. Вибирається в залежності від виду обладнання. При виді обладнання КГШП– зовнішні нахили –3 - 5⁰. Призначаємо 5⁰.

Радіуси заокруглень відповідно до ГОСТ 7505-89 вибирають в залежності від маси поковки та глибини порожнини штампа. Враховуючи, що максимальний діаметр заготовки $\varnothing 68,2$ мм, то глибина порожнини штампа 34,1мм, що входить в межі від 25 до 50, а маса лежить в межах від 1 до 6 кг, відповідно мінімальні радіуси заокруглення зовнішніх поверхонь складає 2,5 мм.

2.3.3 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

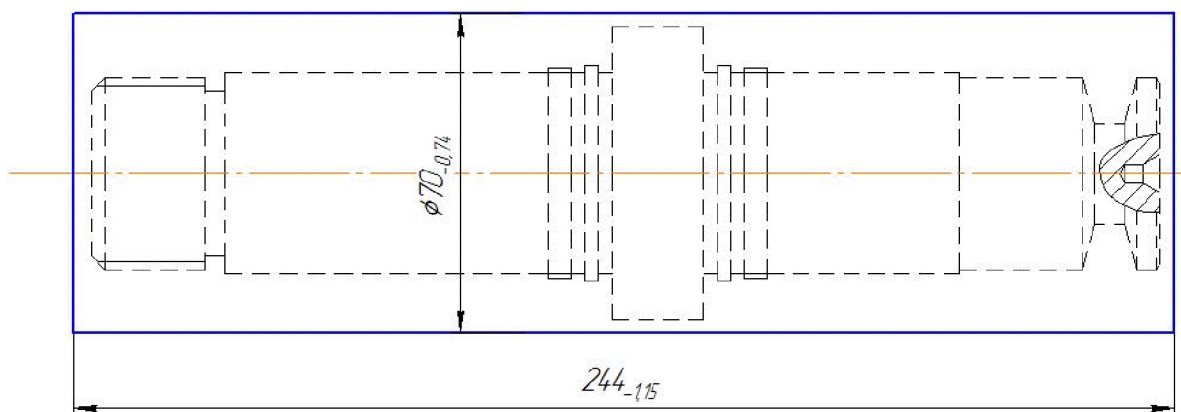


Рисунок 2.2 – Заготовка з прокату

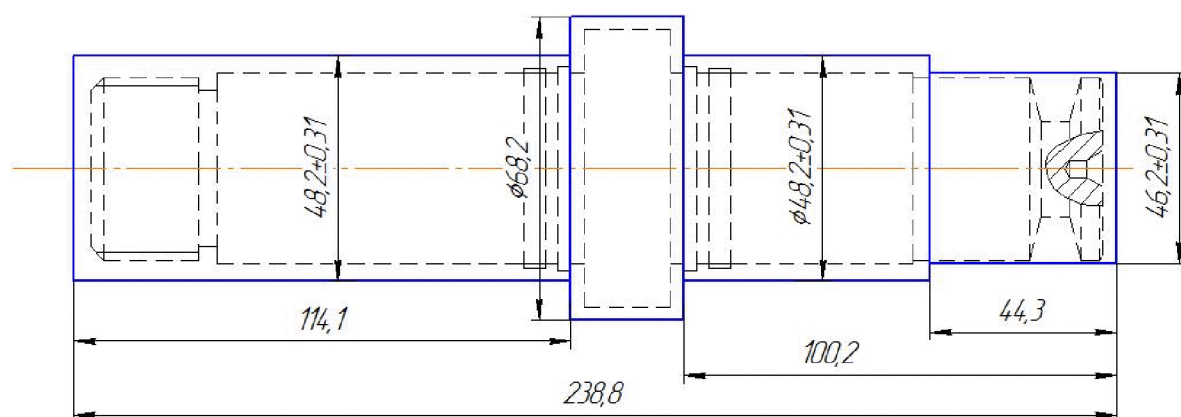
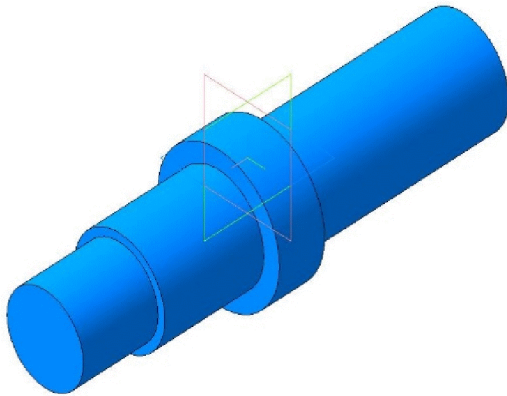


Рисунок 2.3- Заготовка отримана штампуванням на КГШП

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для двох варіантів заготовки

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

– КГШП:



Материал тел Сталь 10 ГОСТ 1050-88
 Плотность материала тел $\rho = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
 Расчетные параметры (тела и компоненты)

Масса	$M = 2743.164406 \text{ г}$
Площадь	$S = 21262.299615 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 173038.926570 \text{ мм}^3$

Рисунок 2.4 – Заготовка отримана штампуванням на КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 2,26/2,74 = 0,82$$

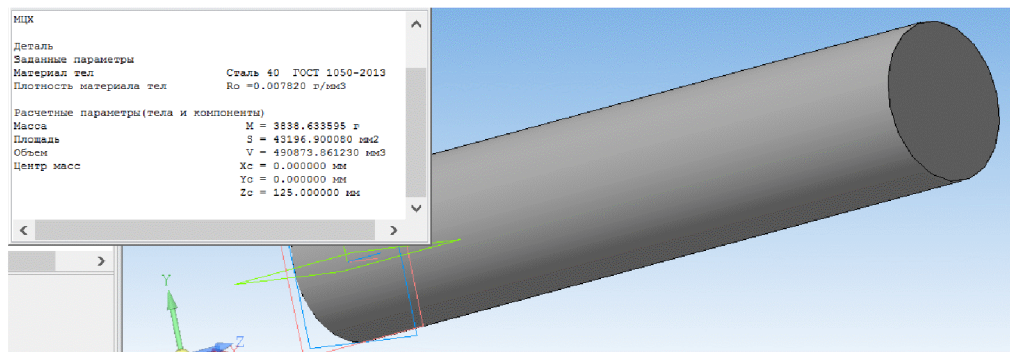


Рисунок 2.5 – Заготовка з прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 2,26/3,84 = 0,59$$

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

2.3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [4]:

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

де $G_{заг} = 2,74$ кг – маса заготовки;

$G_{дет} = 2,26$ кг – маса деталі;

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

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

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

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

$C_{відх.}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{відх.} = 2500$.

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

– Штампування на КГШП:

$$C_{заг.шт.} = \frac{2,74 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(2,74 - 2,26)}{1000} \cdot 2500 = 49,99 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{пр.} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_M - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх.} \text{ [грн]} \quad (2.19)$$

де $Q_{заг.}$ – маса заготовки, 3,84 кг;

C_M – вартість 1т матеріалу заготовки, 13500 грн;

$Q_{дет.}$ – маса готової деталі, кг;

$C_{відх.}$ – вартість 1т відходів, 2500 грн;

$$C_{заг.шт.} = \frac{3,84 \cdot 13500}{1000} - \frac{(3,84 - 2,26)}{1000} 2500 = 47,89 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$C_{заг} = C_{заг.шт.} + \Sigma C_{обр.}, [\text{грн}] \quad (2.20)$$

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

$$C_{обр} = C_{п.-з.} \cdot T_{шт-к(шт.)} / K_B, [\text{грн}] \quad (2.21)$$

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

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

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

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

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к(шт.)} = T_o \cdot \phi_k, [хв] \quad (2.22)$$

Де основний час при точінні:

$$T_o = 0,17 dI [хв] \quad (2.23)$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формулю отримуваний після КГШП необхідно обточити поверхні $\varnothing 44$ довжиною 100мм, $\varnothing 44$ довжиною 42 мм, $\varnothing 42$ довжиною 44 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити, основний час складатиме:

$$T_{o1} = 0,17 \cdot (44 \cdot 100 + 44 \cdot 42 + 42 \cdot 44) \cdot 0,001 = 1,21 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к(шт.)1} = 1,21 \cdot 1,35 = 1,63 \text{ (хв.)};$$

$$C_{обр} = 1,63 \cdot 0,63 / 1,3 = 0,78 \text{ (грн.)};$$

$$C_{заг} = 47,89 + 0,78 = 48,67 \text{ (грн.)}.$$

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

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

Дану деталь можна віднести 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 різновидності 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 лімбом 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 оброблююмого 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.

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

Поверхня діаметром 64 (мм), має бути отримана за 8 квалітетом точності (допуск 0,046 мм). Заготовка після чорнового точіння (зняття напуску) – 14 квалітету точності (допуск 0,74мм).

Визначимо загальне уточнення

$$\varepsilon_z = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = 0,74/0,046=16$$

Припустимо, що таке уточнення може бути досягнуто за три переходи механічної обробки. Прийmemo:, $\varepsilon_1 = 4,0$; $\varepsilon_2 = 3$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{16}{4,0 \cdot 3,0} = 1,33.$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{740}{4,0} = 185 \text{ (мкм)} \text{ (приймаємо } 0,19 \text{ мм -11 квалітет точності)}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{185}{3,2} = 61,67 \text{ (мкм)} \text{ (приймаємо } 0,074 \text{ мм – 9 квалітет точності)}$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_1} = \frac{61,67}{1,33} = 46 \text{ (мкм)} \text{ (8 квалітет точності)}$$

Виберемо способи механічної обробки. З урахуванням необхідності забезпечення шорсткості в межах 1,25 мкм вибираємо як спосіб механічної обробки для усіх трьох переходів точіння (чорнове, чистове і тонке).

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чорнових баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску при подальшій механічній обробці або зв'язок оброблених і необроблюваних поверхонь. В даному випадку вирішується перша задача, оскільки заготовка закріплюється в трьохкулачковому самоцентруючому патроні за зовнішню поверхню, яка в подальшому буде оброблятися.

При виборі чистових баз необхідно, щоб похибка базування була мінімальною. На операції 010 деталь встановлюється в центах і обробляються зовнішні поверхні.

Таблиця 2.6 – Визначення похибки базування на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø44 Ø36, M42	Відсутня	Діаметральний розмір
	29, 100, 114	Відсутня	Обробка з одного установка
	234	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

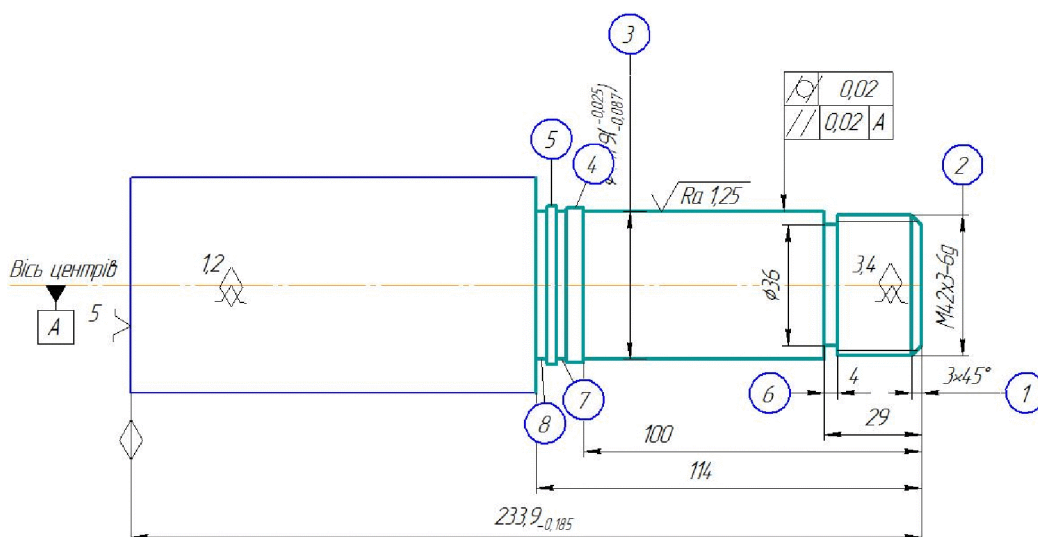


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010

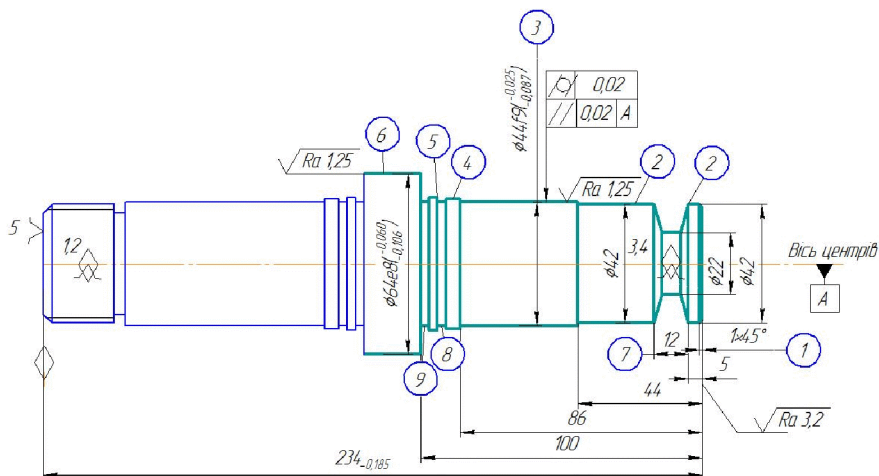


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 015

Таблиця 2.7 – Визначення похибки базування на 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	Ø44, Ø42, Ø64, Ø22	Відсутня	Діаметральний розмір
	12, 5, 44, 86, 100, 3, 5	Відсутня	Обробка з одного установка
	234	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

На операції 020 виконується тонке точіння поверхонь Ø44 та Ø64. При цьому отримуються лише діаметральні розміри, відповідно похибка базування рівна нулеві на отримуваних розмірах.

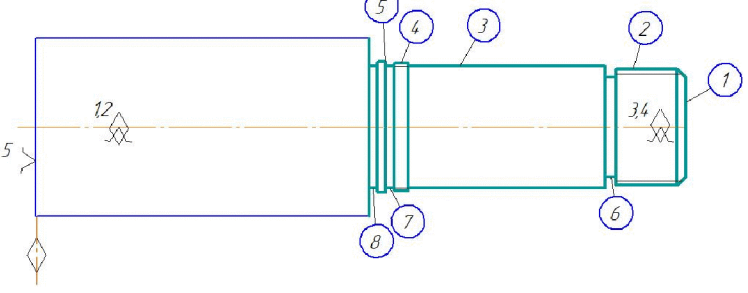
Отже похибка базування значно менша за допуск розміру, відповідно схема базування може використовуватися при обробці деталі.

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

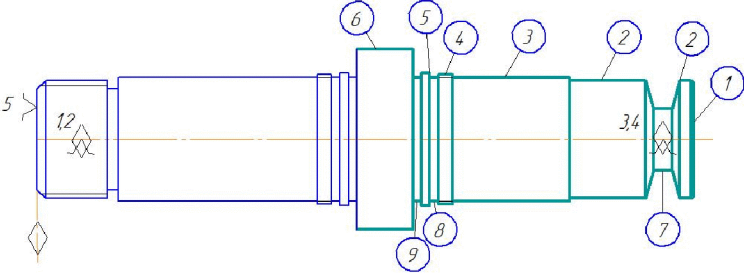
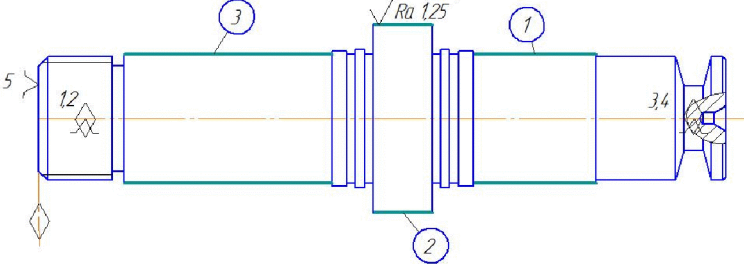
Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2		Фрезерно-центрувальний 2A931

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
	3Ценрувати отвори 3 та 4 4 Зняти заготовку		
010	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхню 5, поверхню 4, поверхню 3, поверхню 2 та фаску 1 попередньо 3 Точити остаточно поверхню 2, попередньо поверхні 3,4,5 4 Точити канавку 6 5 Точити канавки 7 та 8 6 Нарізати різь на поверхні 2 7 Точити остаточно поверхні 3 та 5 9 Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПК ІП420ПФ30

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
015	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Точити поверхню 6, поверхню 5, поверхню 3, поверхню 2 та торець 1 попередньо</p> <p>3 Точити остаточно торець 1, поверхню 2, попередньо поверхні 3,4,5, 6</p> <p>4 Точити канавку 7</p> <p>5 Точити канавки 8 та 9</p> <p>6 Нарізати різь на поверхні 4</p> <p>7 Точити остаточно поверхні 3 та 5,6</p> <p>8 Точити тонко поверхню 6</p> <p>9 Зняти заготовку</p>		Токарно-револьверний з ЧПК ІП420ПФ30
020	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Обкотити поверхні 1, 2, 3</p> <p>3 Зняти заготовку</p>		Токарний з ЧПК МК6801Ф3

2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 2.9– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	Z_1	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9
Попередні значення допусків	1,15	0,72	0,185	0,87	0,87	0,52	0,87	0,87	0,62	0,3

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

На розмірній схемі технологічного процесу показуються конструкторські, технологічні розміри, припуски та розміри заготовки.

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

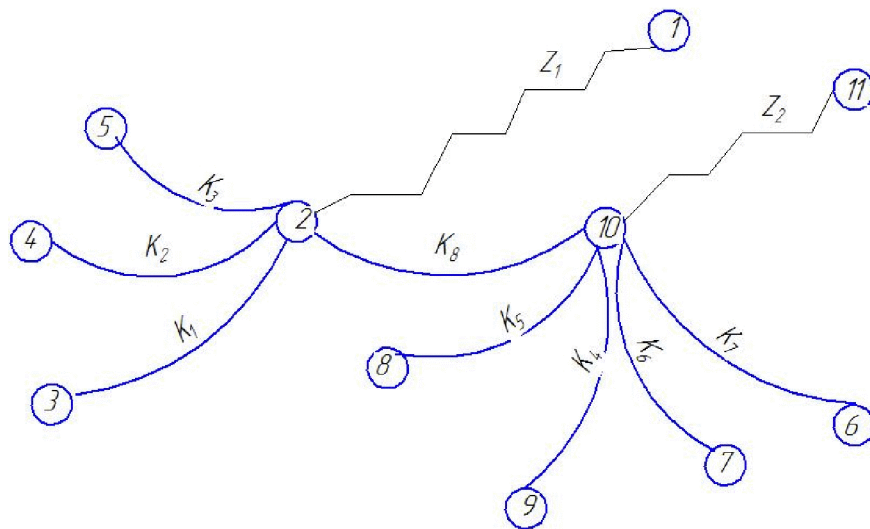
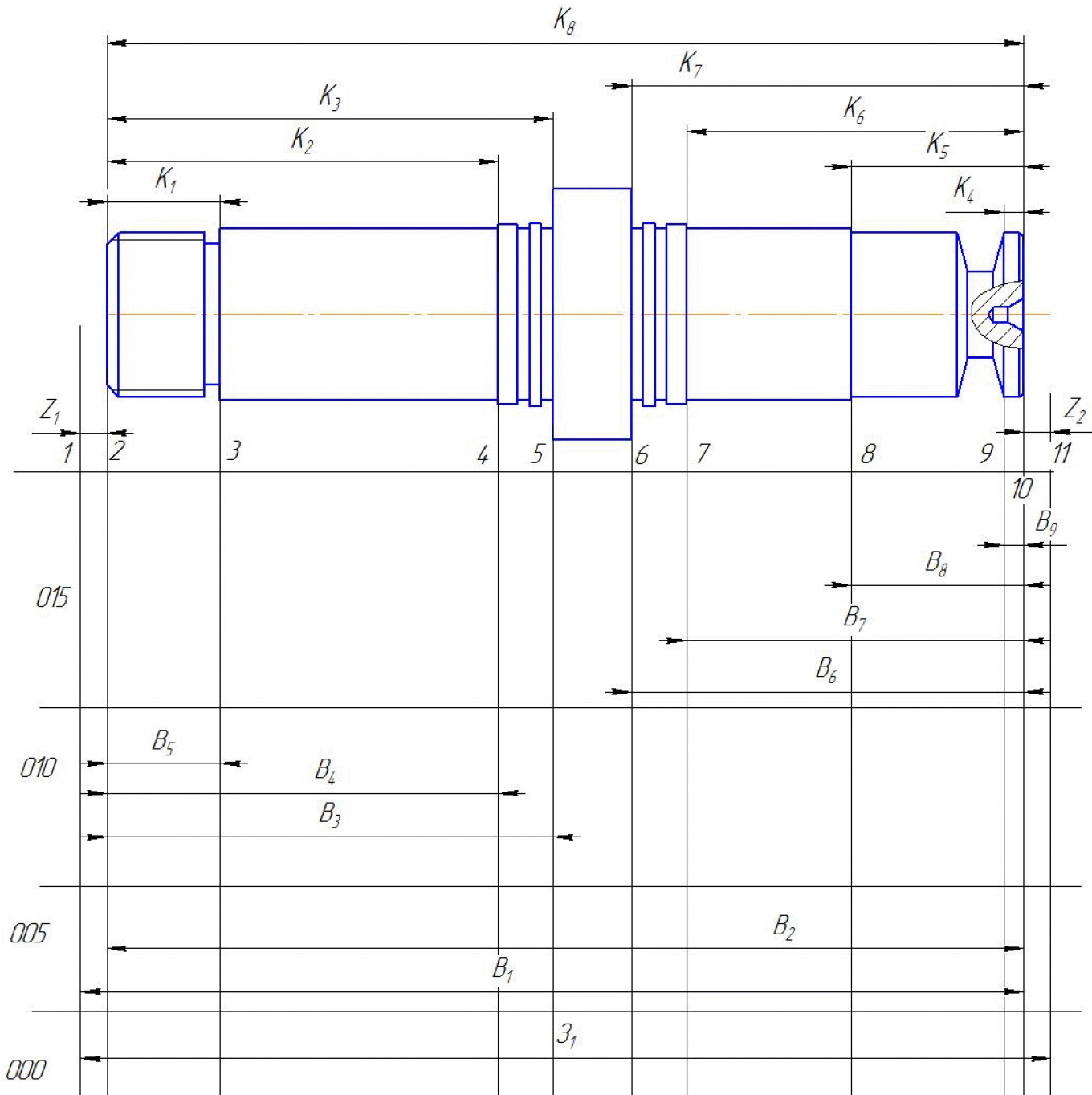


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево



Рисунки 2.9 – Розмірна схема першого технологічного процесу

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

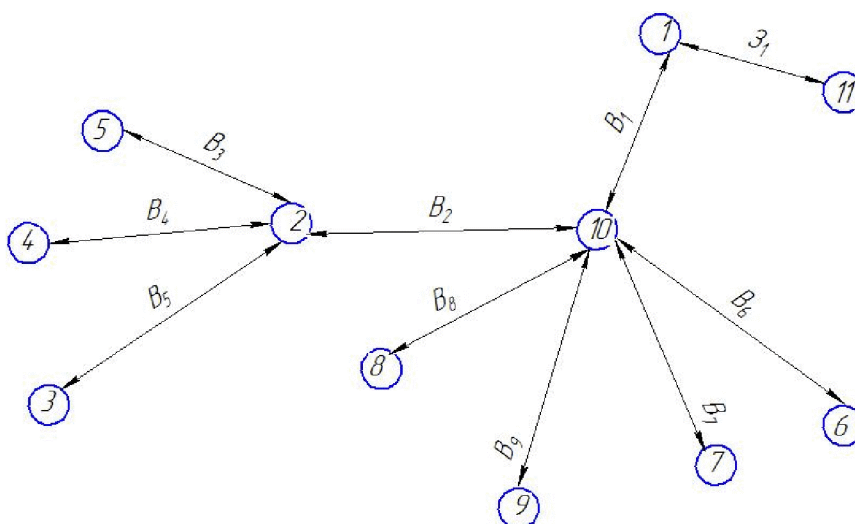


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

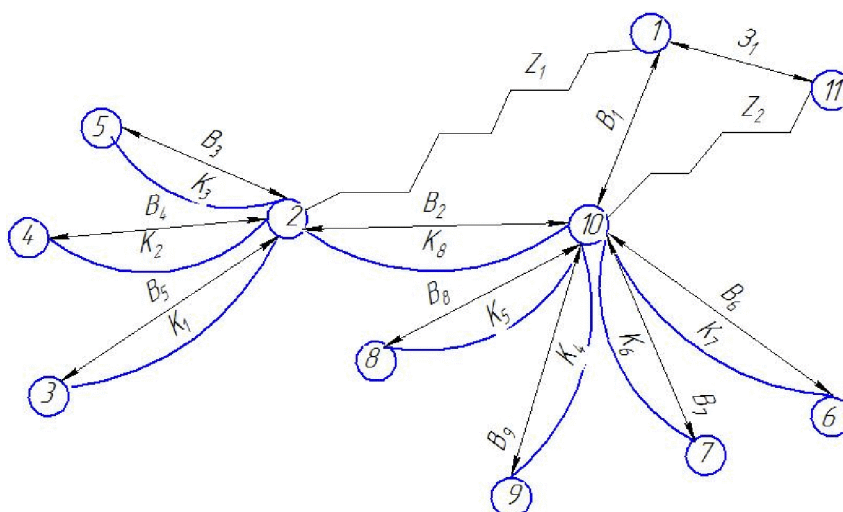


Рисунок 2.11 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 4.7.

Таблиця 2.10 – Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_2
Z_{\min}	0,4	0,4

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.8

Таблиця 2.11 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

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

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

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

1. $B_2 = K_8 = 234^{-0,185}(\text{мм})$;
2. $B_3 = K_3 = 114 \pm 0,435(\text{мм})$;
3. $B_4 = K_2 = 100 \pm 0,435(\text{мм})$;
4. $B_5 = K_1 = 29 \pm 0,26(\text{мм})$;
5. $B_6 = K_7 = 100 \pm 0,435(\text{мм})$;
6. $B_7 = K_6 = 88 \pm 0,435(\text{мм})$;
7. $B_8 = K_5 = 44 \pm 0,31(\text{мм})$;
8. $B_9 = K_4 = 5 \pm 0,15(\text{мм})$;
12. $Z_{1 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max}$;
- $B_{1 \min} = 0,4 + 234 = 234,4 (\text{мм})$;

$$B_{1\max} = 234,4 + 0,72 = 235,12 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 235,12_{-0,72} \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = B_{1\max} - K_{8\min} = 235,12 - 233,915 = 1,48 \text{ (мм)};$$

$$9. Z_{2\min} = Z_{1\min} - B_{1\max}$$

$$Z_{1\min} = 0,4 + 235,12 = 235,52 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 235,52 + 1,15 = 236,67 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 236,67_{-1,15} \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 236,67 - 235,12 = 1,55 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₁	235,52	236,67	1,15	236,67		236,67 _{-1,15}
B ₁	234,4	235,12	0,72	235,12	235,12 _{-0,72}	
B ₂	233,915	234	0,185	234	234 _{-0,185}	
B ₃	113,565	114,435	0,87	114	114 _{±0,435}	
B ₄	99,565	100,435	0,87	100	100 _{±0,435}	
B ₅	28,74	29,26	0,52	29	29 _{±0,26}	
B ₆	99,565	100,435	0,87	100	100 _{±0,435}	
B ₇	87,565	88,435	0,87	88	88 _{±0,435}	
B ₈	43,69	44,31	0,62	44	44 _{±0,31}	
B ₉	4,85	5,15	0,3	5	5 _{±0,15}	

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

2.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R_Z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні

$R_z=200\text{мкм}$ $T=300$ мкм. При попередньому точінні приймаємо $R_z=T=100$ мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому точінні – $R_z=30$ мкм, $T=30$ мкм, при тонкому точінні - $R_z=10$ мкм, $T=20$ мкм.

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

$$2Z_{i\min}=2(R_{z_{i-1}}+T_{i-1}+\rho_{i-1}) \text{ [мм]} \quad (2.24)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1\min}=2(50+50+0)=2 \cdot 100 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{2\min}=2(30+20+0)=2 \cdot 50 \text{ (мкм)}$$

Тонке точіння:

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

Розрахункові розміри

При тонкому точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=44,913(\text{мм})$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1=44,913+2\cdot 0,045=45,003 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_2=45,003+2\cdot 0,050=45,103 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_3=45,103+2\cdot 0,1=45,303 \text{ (мм)}$$

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

Для тонкого точіння допуск складає 62 мкм; для чистового точіння допуск складає 74 мкм, для попереднього точіння допуск відповідно рівний – 190 та 740мкм.

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:

$$44,913+0,062=44,975 \text{ (мм)}$$

$$45,003+0,074=45,077 \text{ (мм)}$$

$$45,103+0,19=45,293 \text{ (мм)}$$

$$45,3+0,74=46,04 \text{ (мм)}$$

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 тонкого точіння:

$$2Z_{\min 4} = 45,003 - 44,913 = 0,09 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4} = 45,077 - 44,975 = 0,102 \text{ (мм)}$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 45,103 - 45,003 = 0,1 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3} = 45,293 - 45,077 = 0,216 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 45,3 - 45,103 = 0,197 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2} = 46,04 - 45,293 = 0,747 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю

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

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 102 - 90 = 12 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 74 - 62 = 12 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 216 - 100 = 116 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 190 - 74 = 116 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 747 - 197 = 550 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 740 - 190 = 550 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

Використовуючи дослідно- статичний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 2.13

Таблиця 2.13 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір d_p	Допуск мм δ	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Точіння попереднє	50	50	0		45,303	0,74	45,3	46,04		
Точіння попереднє	30	20	0	2·100	45,103	0,19	45,103	45,293	0,197	0,747
Точіння остаточне	25	20	-	2·50	45,003	0,074	45,003	45,077	0,1	0,216
Точіння тонке	10	15	-	2·45	44,913	0,062	44,913	44,975	0,09	0,102

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 умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Таблиця 2.14- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø64	Точіння попереднє	2.03	65.08
	Точіння попереднє	0.291	64.50
	Точіння остаточне	0.161	64.18
	Точіння тонке	0.09	64
Ø42	Точіння попереднє	0,6	42,6
	Точіння остаточне	0,3	42

2.10 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.

Наведемо приклад розрахунку режимів різання за нормативами для установу 1, операції 010. При цьому знімаються припуски:

поверхня 3 – припуск 1 мм;

поверхні 1 та 2 – припуски: 1,1; 0,4 (мм).

При точінні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають $S_{от1}=0,74$ (мм/об); $S_{от2}= 0,55$ (мм).

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

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

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

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

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

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{Sφ}=0,95$;

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

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

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1\cdot 1.1\cdot 0.8\cdot 0.95\cdot 0.9\cdot 0.85\cdot 1.2=0.767$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0.74\cdot 0.77=0,567 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от2}= 0,55\cdot 0,767=0,421\text{(мм/об)}$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає $V_{\text{різ1}}=138$ (м/хв); $V_{\text{різ2}}=148$ (м/хв)

При цьому потужність складає $P_1=3,7$ (кВт); $P_2=3,4$ (кВт).

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

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

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

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

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

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця K_{vf} рівен 0,95;

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

Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) K_{vj} рівен 0,758 Коефіцієнт, що враховує вид обробки K_{vo} рівен 1,2.

Загальний коефіцієнт складає:

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

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

Отже швидкість різання складатиме:

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

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

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.25)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_1=1000 \cdot 105,5/3,14 \cdot 40= 840 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_2=1000 \cdot 113,1/3,14 \cdot 40= 900 \text{ (об/хв.)};$$

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

$$N_1=176 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_2=189 \text{ (об/хв.)};$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_0 \text{ [мм/хв.]} \quad (2.26)$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=840 \cdot 0,567=476 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M2}=900 \cdot 0,421=379 \text{ (мм/хв.)}$$

Таблиця 2.15 - Режими різання

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
005 – Фрезерно-центрувальна					
Фрезерувати торці 1 та 2	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Центрувати отвори	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
010 - Токарна з ЧПК					
Точити поверхню 5, поверхню 4, поверхню 3, поверхню 2 та фаску 1 попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Точити остаточно поверхню 2, попередньо поверхні 3,4,5	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Точити канавку 6	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Точити канавки 7 та 8	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
Нарізати різь на поверхні 2	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Продовження таблиці 4.9					
1	2	3	4	5	6
Точити остаточно поверхні 3 та 5 ентрувати отвори	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
015 - Токарна з ЧПК					
Точити поверхню 6, поверхню 5, поверхню 3, поверхню 2 та торець 1 попередньо	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Точити остаточно торець 1, поверхню 2, попередньо поверхні 3,4,5, 6	0,50	1,50	283,21	474,70	2,64
Точити канавку 7	1,50	0,40	312,85	1310,98	3,20
Точити канавки 8 та 9 4	1,00	0,60	306,57	1284,67	2,84
Точити остаточно поверхні 3 та 5, 6	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
Точити тонко поверхню 6	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
020 – Багатоцільова з ЧПК					
Точити поверхні 1, 2	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
Точити поверхню 3	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33

2.11 Визначення технічних норм часу

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

Наведемо приклад розрахунку на операцію 005. Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) \quad [\text{хв}] \quad (2.27)$$

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

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}} \quad [\text{хв}] \quad (2.28)$$

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

Основний час роботи верстата за програмою при фрезеруванні визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}}, \quad [\text{хв}] \quad (2.29)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні, 50 мм; l_1 – довжина підводу, 5 мм; $(l_2 + l_3)$ – довжина врізання та перебігу, 15 мм; $S_{\text{м}}$ – хвилинна подача.

Відповідно для чорнового, напівчистового та чистового фрезерування отримаємо:

$$T_{o1}=(50+5+15)/2819,46=0,1765 \text{ (хв.)};$$

В даному випадкові відстань від вихідної точки до виходу фрези на еквідистанту обрано рівною 100 мм, 100 мм, 300 мм відповідно по осям координат x , y та z . При переході до наступної стадії обробки фреза переміщується одночасно по осям координат z (на глибину фрезерування) и y (на величину 60,5 мм для забезпечення зміщеної схеми установки фрези) з подачою холостого ходу 6000 мм/хв..

Машинно-допоміжний час визначається за формулою:

$$T_{мд}=T_{мді}+T_{мдх}, [\text{хв}] \quad (2.30)$$

$T_{мді}$ – машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструмента, складає 0,1 хв; $T_{мдх}$ – машинно-допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів і технологічної паузи:

$$T_{мдх}=332 \cdot 2/6000+60,5/6000+60,5/6000=0,09 \text{ (хв.)}.$$

При свердлінні, зенкуванні, зенкеруванні та розвертанні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_o=(l_0+l_1+l_2+l_3)/S_m, [\text{хв}] \quad (2.31)$$

де l_0 - довжина оброблюваної поверхні; l_1 - довжина підводу; l_2 – довжина врізання; l_3 – довжина перебігу; S_m – хвилинна подача.

$$T_o=(5+5+3)/279,36=0,013 \text{ (хв.)}$$

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

швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм для отвору $\varnothing 5$). Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно для свердління отворів $\varnothing 5$ відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх4}}=(2 \cdot 100+84)/6000=0,04 \text{ (хв)};$$

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 005 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}}=0,1765 \cdot 2+0,09+0,04+0,013 \cdot 2=0,626 \text{ (хв)}.$$

Допоміжний час складається із:

$$T_{\text{в}}=T_{\text{вуст}}+T_{\text{воп}}+T_{\text{ввим}} \text{ [хв]} \quad (2.32)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,05хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,04 хв,
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,06 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,06+0,04=0,1 \text{ (хв)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із десяти замірів штангенциркулем, шести замірів пробкою. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає $T_{\text{ввим}}=0,04 \text{ (хв)}$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_B = 0,05 + 0,1 + 0,04 = 0,19 \text{ (хв).}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.33)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{ш}} = (0,626 + 0,19) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 0,8764 \text{ (хв)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки на інші операції. Результати показано в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	0,55	0,77
010	1,6	2,1
015	1,8	2,5
020	1,33	1,76

2.12 Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

2.12.1. Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi}. \quad (2.34)$$

Для визначення коефіцієнтів K_1, K_2, K_3 скористаємося даними таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вал В41	2,26	5800	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			4			4			3		11
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-
				4	4		2	12			
Вал	2,1	12600	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	1	4	2	-	4	8	-	22
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	
			-	1	4	2	-	12	22		-
Кришка	2,05	13400	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	4	-	2	-	14	-	25
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-
			-	2	4		2	14	25		-

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p,np}}\right)^2}, \quad (5.2)$$

де m – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p,np}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{1C} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_k}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,26}{2,26}\right)^2} = 1,0;$$

– вала

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{k15}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,1}{2,26}\right)^2} = 0,95;$$

– для кришки

$$K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_K}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,05}{2,26}\right)^2} = 0,93;$$

Коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{2C} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_k}\right)^\alpha = \left(\frac{5800}{5800}\right)^{0,15} = 1,0;$$

– для вала

$$K_{2\phi} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_{k15}}\right)^\alpha = \left(\frac{5800}{12600}\right)^{0,15} = 0,89;$$

– для кришки

$$K_{2BK} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_K}\right)^\alpha = \left(\frac{5800}{13400}\right)^{0,15} = 0,88;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі

– вала

$$\overline{K_{Tp,np}^{K15}} = \frac{\sum K_{\kappa\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 12 \cdot 8 + 14 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 4 + 8 + 22} = 12.3;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Tp,np}^{K15}}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12.3}{10.42} \right)^{\alpha_1} = \frac{0.87}{0.976} = 0.89;$$

– для кришки

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\kappa\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{2 + 4 + 2 + 14 + 25} = 12.46;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Tp,np}^K}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12.46}{10.42} \right)^{\alpha_1} = \frac{0.854}{0.976} = 0.875;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\left(\overline{R_a^K} \right)^{\alpha_2} = (3.89)^{\alpha_2} = 1.044;$$

- вала

$$\overline{R_a^{K15}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{ное}}{\sum n_{ное}} = \frac{1.25 \cdot 1 + 1.6 \cdot 4 + 2.5 \cdot 2 + 6.3 \cdot 12 + 12.5 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 12 + 22} = 8.86;$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_a^{K15}}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{8.86}{3.89} \right)^{\alpha_2} = \frac{0.96}{1.044} = 0.919;$$

– для кришки

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{ное}}{\sum n_{ное}} = \frac{1.25 \cdot 2 + 1.6 \cdot 4 + 3.2 \cdot 2 + 6.3 \cdot 14 + 12.5 \cdot 25}{2 + 4 + 2 + 14 + 25} = 8.85;$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{8.85}{3.9} \right)^{\alpha_2} = \frac{0.96}{1.044} = 0.919;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

– для розрахункового представника

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

– для вала

$$K_{3\Phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,89 \cdot 0,919 = 0,82;$$

– для кришки

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,875 \cdot 0,919 = 0,804;$$

Значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

$$K_{npP.PP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{npк15} = 0,95 \cdot 0,89 \cdot 0,82 = 0,69;$$

$$K_{np} = 0,93 \cdot 0,88 \cdot 0,804 = 0,66;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 5800 \cdot 1,0 + 12600 \cdot 0,69 + 13400 \cdot 0,66 = 23462 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 2.18 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Поршень	5800	2,26	1,0	1,0	1,0	1,0	5800
Вал	12600	2,1	0,95	0,89	0,82	0,69	8758
Кришка	13400	2,05	0,93	0,88	0,804	0,66	8964
Всього							23462

2.12.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

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

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

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

m – кількість робочих змін

Відповідно для кожної операції отримаємо:

Операції 005:

$$C_p = 0,77 \cdot 23462 / 60 \cdot 2040 = 0,1476 \quad (C_{\text{пр}} = 1)$$

Операції 010-015:

$$C_p = (2,1 + 2,5) \cdot 23462 / 60 \cdot 2040 = 0,8817 \quad (C_{\text{пр}} = 1)$$

Операція 020:

$$C_p = 1,76 \cdot 23462 / 60 \cdot 2040 = 0,3364 \quad (C_{\text{пр}} = 1).$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

Коефіцієнт завантаження для верстатів 1П420ПФ30 складатиме:

$$\eta_z = 0,8817 / 1 = 0,8817$$

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

Таблиця 2.19 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	0,1476	1	0,1476	0,4552	0,71
010-015	0,8817	1	0,8817		0,74
020	0,3364	1	0,3364		0,76

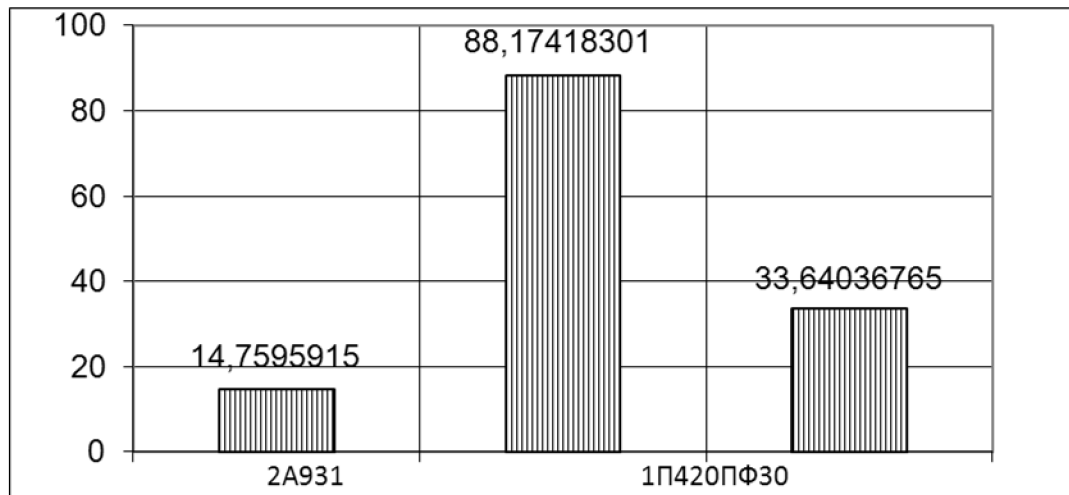


Рисунок 2.12 – Графік завантаження обладнання

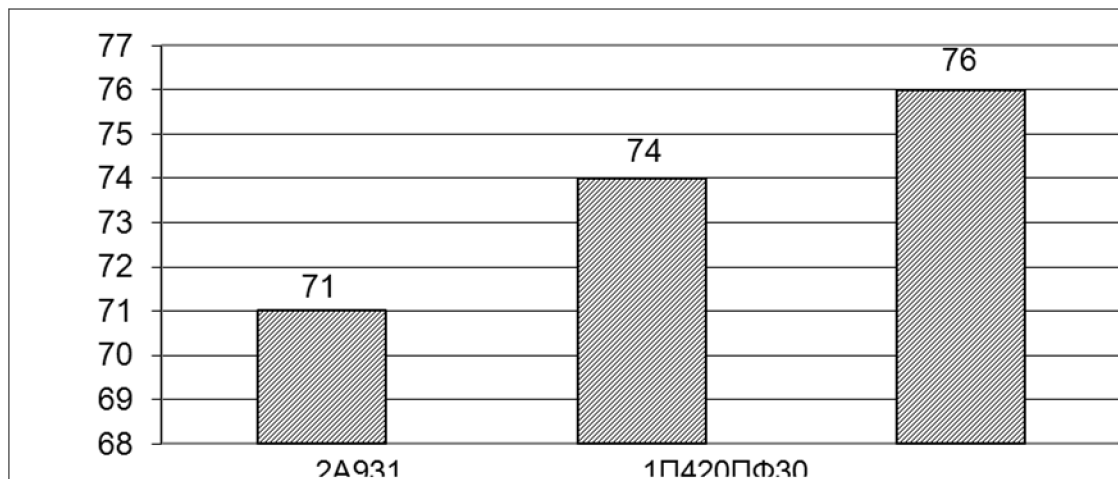


Рисунок 2.13 – Графік використання обладнання за основним часом

2.12.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

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

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_3 / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (5.6)$$

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

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

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

Наприклад для роботи на токарному верстаті з ЧПК верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,8817 / 1 \cdot 1840 = 0,98$$

Таблиця 2.20 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{\text{пр}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	K_3	$K_{\text{м}}$	P , чол	$P_{\text{пр}}$, чол
Фрезерно-центрувальний	1	1840	0,1476	1	0,16	1
Токарний з ЧПК	1		0,8817	1	0,98	1
Токарний з ЧПК з підвищеними вимогами точності	1		0,3364	1	0,37	1

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці. Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на всіх операціях.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -3 чол.

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

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

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

$$P_{ІТР}=(0,18\dots 0,24)\cdot 3=0,48\dots 0,72$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

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

$$P_{СКП}=0,022\cdot 3=0,066$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{МОП}=0,02\cdot (3+1+1+1)=0,12$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 2.21 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			4
Допоміжні робітники	20...25%	0,6-0,75	1
ІТР	18...24%	0,48-0,72	1
СКП	2,2%	0,066	1
МОП	2%	0,12	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 3 металорізальних верстати, які обслуговуються 3 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати на неповну ставку, або виконувати аналогічні роботи на сусідніх дільницях. Як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

Висновки

Розроблено маршрут механічної обробки для деталі валВ41, в якому використовується обладнання із ЧПК. Згідно розрахунку тип виробництва – серійний. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць. Деталь в цілому технологічна за якісними та кількісними показниками. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано прокат. Визначивши кількість ступенів механічної обробки для кожної поверхні, та обравши технологічні бази спроектовано технологічний процес механічної

обробки. При цьому технологічні розміри визначені за допомогою розмірного аналізу. 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 – 3, що дозволяють обробити задану програму випуску. Верстати завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 45,52 %, оскільки не завантаженими залишаються фрезерно-центрувальний верстат та токарний верстат підвищеної точності (вони можуть використовуватися для обробки інших деталей).

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

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

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

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

Продовження таблиці 3.1

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

Продовження таблиці 3.1

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

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

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «ВалВ41», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних вантажних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 60 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 60 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $P_{\text{п}}=80\%$;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_{\text{п}}=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

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

$$P_i = 60000 \cdot 80 / 100 = 48000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$OП = P_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

$$OП = 48000 / 4 = 12000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \text{ОП} \cdot C_{\text{п}} / 100 \quad [\text{шт}] & (3.3) \\ \text{ПП} &= 12000 \cdot 0,8 = 9600 \quad (\text{шт.}) \end{aligned}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{РП} &= (\text{ОП} + \text{ПП}) / 2 \quad [\text{шт}] & (3.4) \\ \text{РП} &= (12000 + 9600) / 2 = 10800 \quad (\text{шт.}) \end{aligned}$$

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

3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

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

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

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

3.4 Виявлення основних конкурентів

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

Таблиця 3.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, кришка виготовлена без ППД	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нового пристосування і параметрів аналога
Наявність зміцненого поверхневого шару найбільш зношуваних поверхонь	-	-	наявне	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

Аналізуючи таблицю 3.4 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона дозволить автомобілям працювати довше без поломок і відповідно простоїв.

3.5 Обрання методу ціноутворення

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару.

Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

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

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

3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному

відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

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

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

або

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

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

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

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

$$q_1=260/220=1.18$$

$$q_2=7/6=1.17$$

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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

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

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

3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

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

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

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕН}}$$

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

$I_{\text{ЕН}}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

$$I_{\text{er}}=2400/4000=0,6$$

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

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

3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	5000	227,27	16	3636,4
2	Інженер-технолог	4250	193,18	16	3090,9
Всього					6727,3

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{3200}{22} \cdot 16 = 2327,3(\text{грн.}).$$

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

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

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

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

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

де: M_n – мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_n = 4173$ грн. K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії, K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру

мінімальної заробітної плати. $K_c=1,37$ T_p – число робочих днів в місяці.
 Приблизно $T_p = 21 \div 23$, $T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Враховуючи, що мають працювати робітники третього та четвертого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

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

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

Обладнання	Трудомі- сткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	0,211	43,47	12,56
Токарний з ЧПК МК6843Ф01	0,108	43,47	6,42
Всього			18,98

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 10800 \cdot 18,98 = 204984 \text{ (грн.)}$$

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

$$Z_d = 0,11 \cdot (6727,3 + 204984) = 23288 \text{ (грн.)}$$

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

$$(6727,3 + 204984 + 23288) \cdot 0,22 = 51700 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

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

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	700 000	12	9,5	46181
Токарний з ЧПК МК6843Ф01	360 000	12	4,9	12250
Всього				58431

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

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

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 4,09 кг, $Ц_i$ – вартість матеріалу i -го найменування, 16 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних

витрат, $K_i = 1,1$. V_i – маса відходів i -го найменування, 2,41 кг, C_v – ціна відходів i -го найменування, 3 грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь40х	16	4,09	2,41	3	19,89
Всього					19,89

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

$$M = 1,68 \cdot 16 \cdot 1,1 - 2,41 \cdot 3 = 19,89 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$19,89 \cdot 10800 = 214812 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2019 року $V = 2,4$ грн./кВт.

P – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

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

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

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	12	0,211	3,71
Токарний з ЧПК МК6843Ф01	10	0,108	1,58
Всього			5.29

А для всієї партії:

$$5.29 \cdot 10800 = 57110,05 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$V_{\text{ін}} = 2 \cdot (6727,3 + 204984) = 423423 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned} V &= 6727,3 + 204984 + 23288 + 51700 + 58431 + 214812 + 57110,05 + 423423 = \\ &= 1040475,35 \text{ (грн)} \end{aligned}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

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

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 1040475,35 / 0,95 = 1095237,21 \text{ (грн.)}$$

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

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

Де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,9$.

Тоді:

$$ЗВ = 1095237,21 / 0,9 = 1216930,23 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання кришки шатуна з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 1216,93 тис грн.

3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 10800 шт. Середня ціна подібних деталей 4000 грн. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2400 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

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

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 березня 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го, 2022-го та 2023-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2020р.) – приблизно 3500 шт.;

2-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 3400 шт.;

3-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 2100 шт.;

4-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 1800 шт.

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

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

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

де C_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $C_0 = 1600$ грн;

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 4000$ грн;

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

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

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

g – ставка податку на прибуток. У 2019 році 18%.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2020 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (3500 \cdot 1600) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1377655 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (3400 \cdot 1600) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1338294 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (2100 \cdot 1600) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 826593,1 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (1800 \cdot 1600) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 708508,3 \text{ (грн.)}$$

3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$ПП = \frac{1377655}{(1+0.1)^2} + \frac{1338294}{(1+0.1)^3} + \frac{826593,1}{(1+0.1)^4} + \frac{708508,3}{(1+0.1)^5} = 4170647 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{\text{абс}} = 4170647 - 1216930 = 2\,953,717 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

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

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{абс} = 2\,953,717$ тис.грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1216,93$ тис. грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 2923,717 / 1216,93} - 1 = 0,36 = 36\%$$

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

$$T_{мін} = d + f, \quad (3.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні $d = (0,20...0,27)$;

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

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

Оскільки величина $E_B = 36\% > T_{мін} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,36 = 2,21$$

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

3.11 Висновок

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,21 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Аналіз умов праці [25]

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

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

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

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

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

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

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

4.2.1 Електробезпека

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих

корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю.

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

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

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

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

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

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

4.2.2 Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на ділянці

Виробниче обладнання повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование произведено. Общие требования безопасности”. Для

забезпечення безпеки повинні встановлюватися устрій, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці обробку різанням повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

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

4.3.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

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

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

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

4.3.2 Мікроклімат в виробничому приміщенні

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря $t, 0\text{C}$; відносною вологістю $\phi, \%$; швидкістю руху повітря на робочому місці $V, \text{ м/с}$; атмосферним тиском $p, \text{ мм.рт.ст.}$.

Згідно з вимогами ССТБ метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина почуває себе гарно,

якщо температура навколишнього повітря $t=18...22$ °С; відносна вологість $\phi=40...60\%$, швидкість руху повітря на робочому місці $V=0,1...0,2$ м/с.

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

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

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

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

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

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

4.3.3 Освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла,

освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т.д.

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

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

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

Нормальне значення для КПО:

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

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

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

c - коефіцієнт сонячності клімату.

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

Отже мінімальні значення КПО:

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

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

Розрахунок достатності природного освітлення.

В приміщенні знаходять два вікна висотою 2,4м та шириною 3 м, площа яких становить 14,4м².

Розраховуємо КПО за формулою:

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

де $\varepsilon_{\bar{\sigma}}$ - геометричний КПО в розрахунковій точці: $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0,01(P_1 + P_2)$,

де P_1, P_2 - кількість променів що падають в розрахункову точку відповідно на поперечному перерізі та на плані приміщення;

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

$\Gamma_1 = 6,8$ - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО;

τ_0 - загальний коефіцієнт світло пропускання:

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

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

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

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

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

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

K_3 - коефіцієнт запасу;

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

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

Так, як

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,01 \cdot (11 + 44) = 0,05, \text{ то } e_p^{\sigma} = 0,55 \cdot 0,77 \cdot 6,8 \cdot \frac{0,5}{1,3} = 1,1\%$$

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

Отже, в приміщення достатньо надходить природного світла.

4.3.4 Шум та вібрації

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

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

Таблиця 4.2 – Допустимі рівні звукового тиску

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

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

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання нерівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється

на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

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

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні вібрацій

Вид вібрації	Категорії вібрацій по СН	Направлення дії	Нормативне коригування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-прискорення	Рівень віброприскорення	Вібро-швидкість	Рівень вібро-швидкості
			м с ⁻¹	дБ	м с ⁻¹ 10 ⁻²	дБ
Загальна	3 тип «а»	z0, y0, x0	0,1	100	0,2	92

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях надзвичайних ситуацій

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

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

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

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, передаваної при опромінюванні, так і від швидкості

передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

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

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів - мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеній на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8 - 150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко

використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих доль до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до доль Ом.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

експлуатаційним терміном;

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

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

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

Гранично допустиме значення потужності дози

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

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

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

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

$$K_{\sigma} = 20 \lg(U_{\text{д}}/U_{\text{В}(\Gamma)}) \geq 40 \text{ дБ},$$

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

- Визначимо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

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

- Максимальні довжини струмопровідних частин обладнання ділянки механічної обробки:

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

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

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

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

- Допустиме коливання напруги живлення визначимо за формулою:

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

де, N – допустиме відхилення у %.

Визначаємо коефіцієнти безпеки:

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

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

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

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

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

Розрахунок необхідної товщини захисного екрану з заліза:

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

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

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

Тоді:

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

Висновок

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

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

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

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

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

За результатами проведеного розрахунку можна зробити такі висновки:

- Так як $D_m < D_{гр.мін}$, то робота електронної частини обладнання дільниці механічної обробки буде стійкою в умовах дії іонізуючих випромінювань і обладнання буде працювати у потрібному режимі.
- Умова стійкості роботи електронної частини обладнання дільниці механічної обробки, а саме – $K_{БВГ} < 40\text{дБ}$ і $K_{БГГ} < 40\text{дБ}$ в заданих умовах не виконується, тому для забезпечення стійкої її роботи необхідно здійснити

екранування струмопровідних частин сталевим екраном товщиною 0,075 і більше мм.

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

ВИСНОВКИ

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

Отже, в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Вал В41», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва серійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Вал В41» вибраний спосіб штампування, який економічно доцільніший; на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки. Виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О.В.Сердюк Вплив технологічних параметрів процесу на твердість отриманої поверхні / Сердюк О.В., Гой Б.О., Савчук С.І. // XLVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області(березень2018р.). Режим доступу до журн.:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4510/3607>
2. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
3. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликами. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
4. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
5. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: Тул ГУ. – 2004. – С. 150-156
6. Сухоруков С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорков, И. О. Сивак, Е. И. Коцюбивская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.
7. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластическим деформированием: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

17. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.
18. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
19. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
20. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
21. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
22. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.
23. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
24. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
25. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
26. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.

27. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
28. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
29. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
30. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
31. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.
32. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
33. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу «Вал В41»
08-26.МКР.021.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викл. каф. ТАМ
Сердюк О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

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

Савчук С.І. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 2019

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Вал В41» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, та досягнення меншої шорсткості для поверхонь, що є парами тертя;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

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

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Вал В41».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів способу поверхневого зміцнення поверхонь та вибору найбільш оптимального.

4. Вимоги до виконання МКР

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

5. Етапи МКР та очікувані результати

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

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

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

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

8. Вимоги до оформлення МКР

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

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

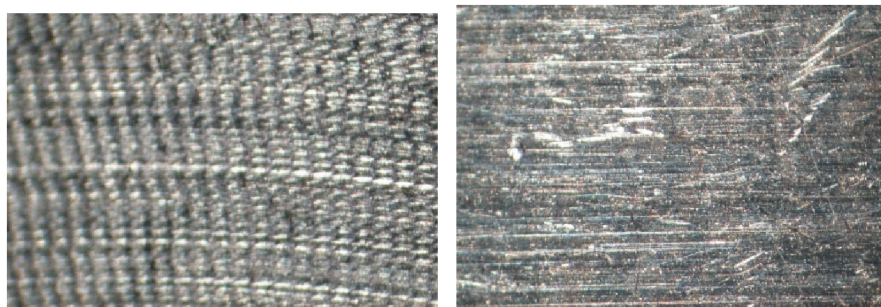
Відсутні.

Додаток Б

Графічна частина



Лазерний сканер Nanosurf Easyscan 2 AFM



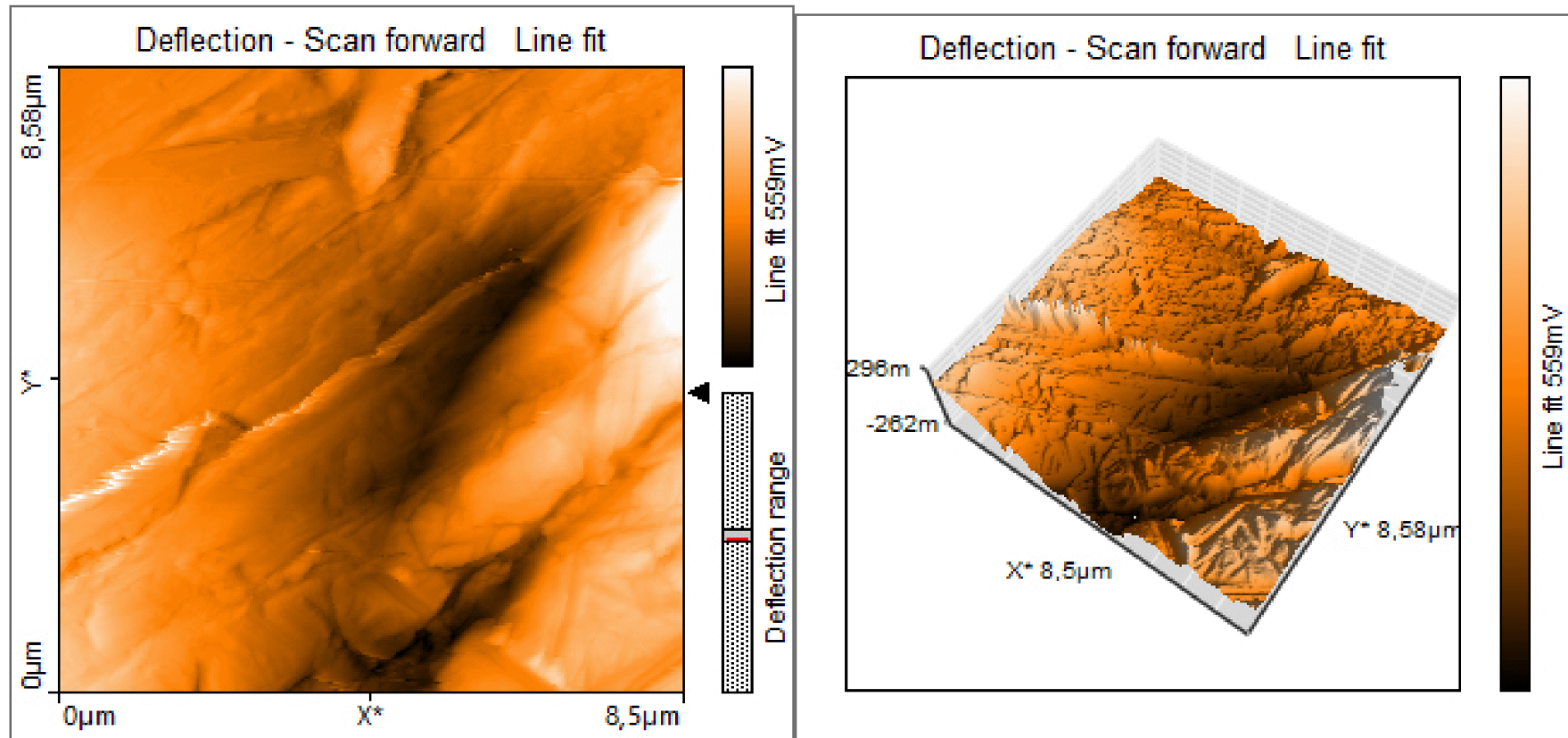
а)

б)

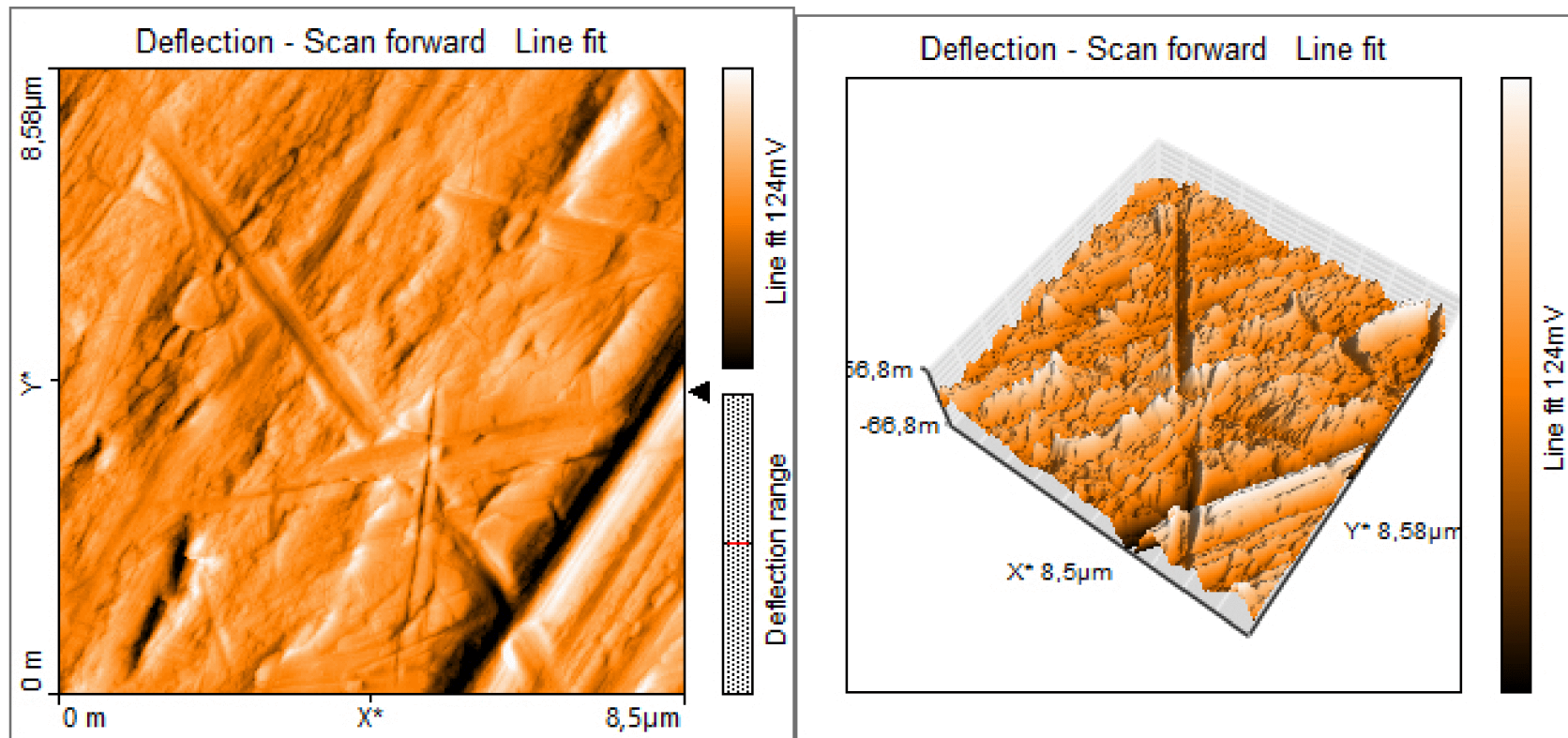


в)

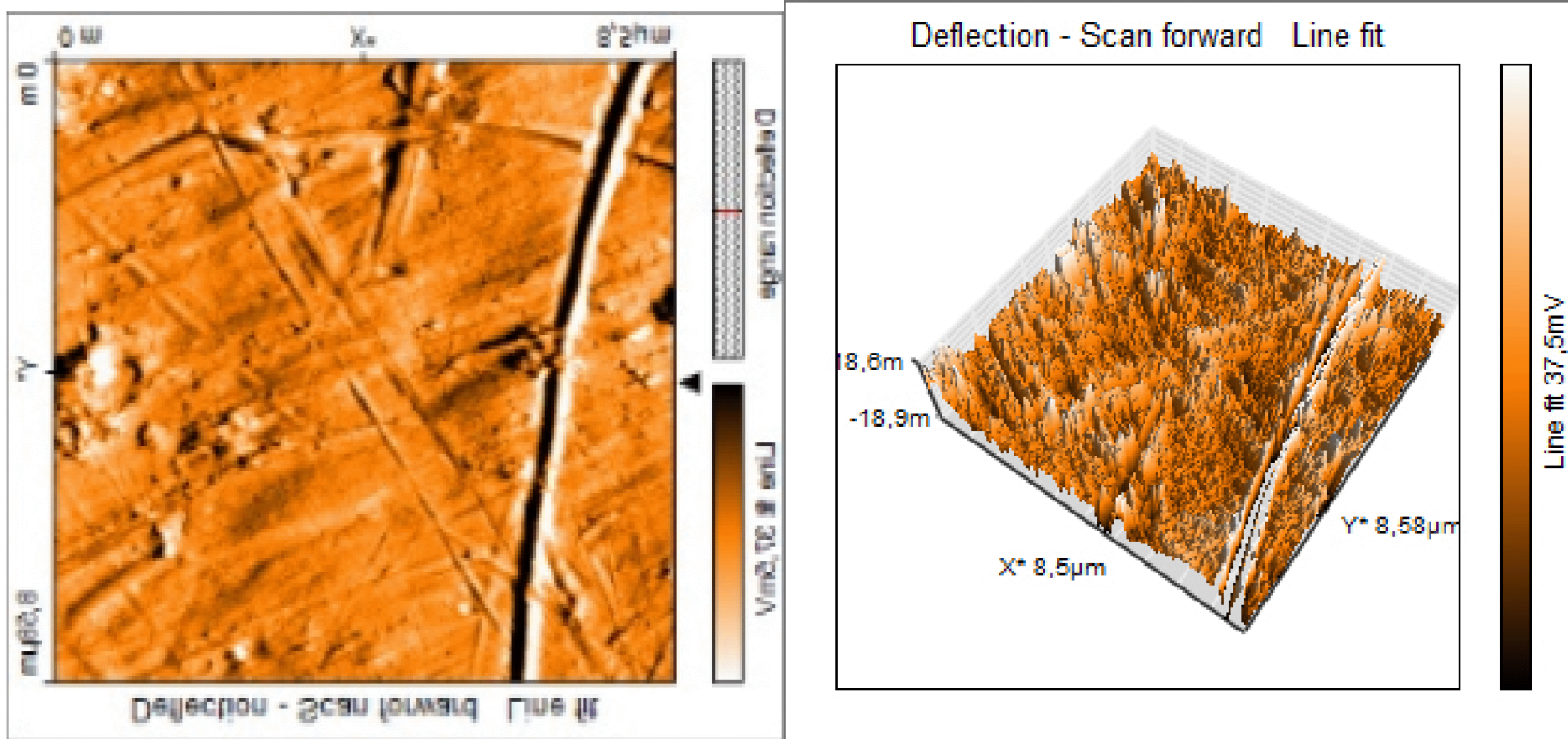
Вид поверхні після точіння(а), обкочування циліндричним роликком(б), обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею (3)



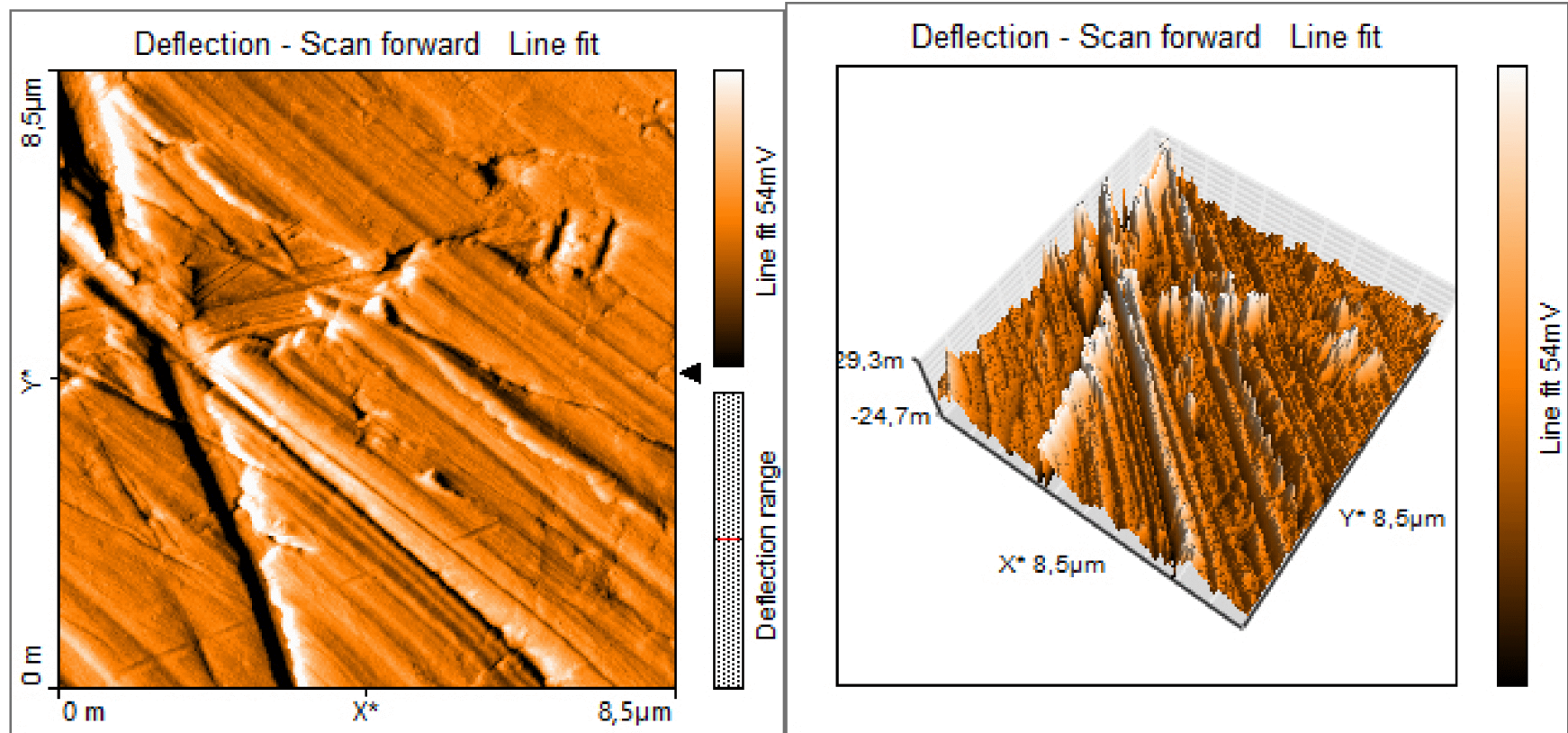
Обкочування роликком роликком із гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямі



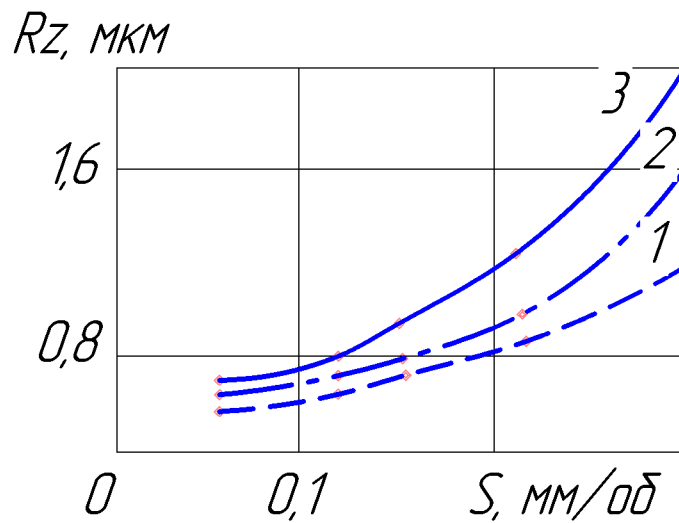
Обкочування роликом роликом із гвинтовою робочою поверхнею в одному напрямі



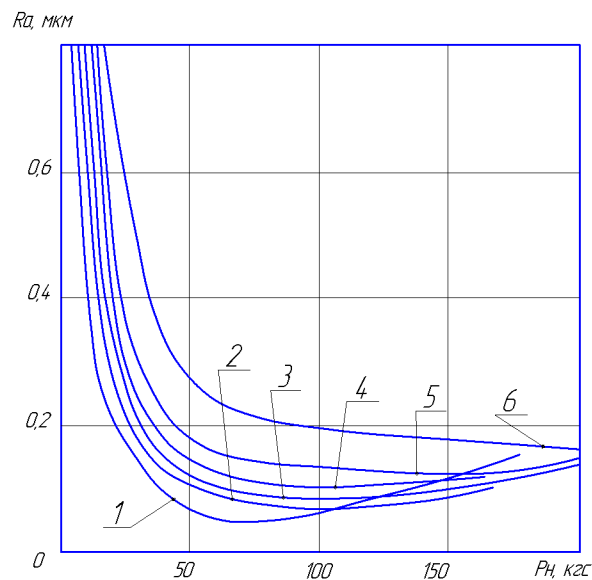
Обкочування роликком циліндричним



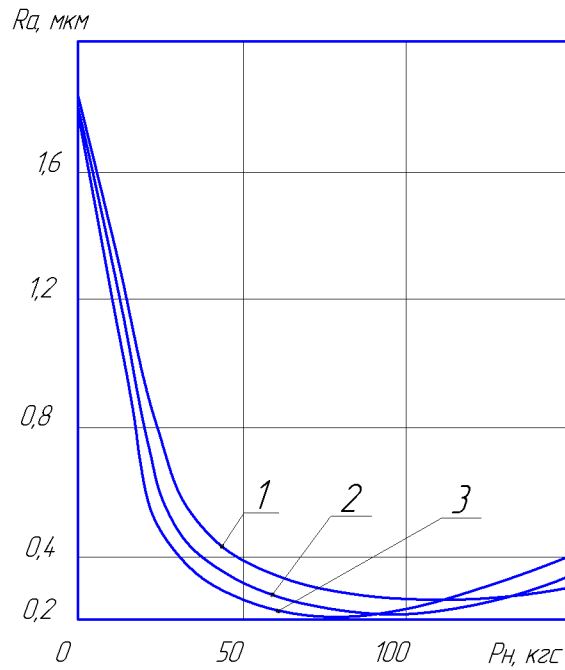
Поверхня після тонкого точіння



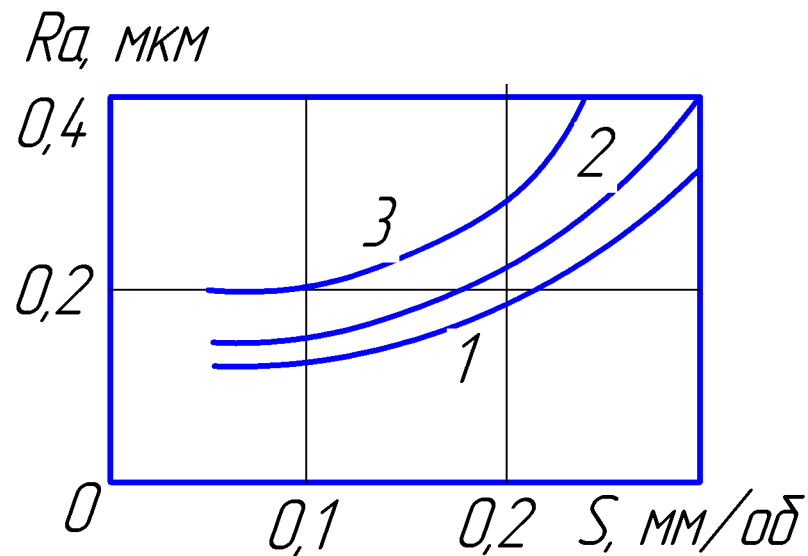
Залежність параметру шорсткості Rz від подачі S при обкочуванні сталі ШХ15 ($\rho=1500$ Мпа; $\nu=80$ м/хв) для різних діаметрів ролика: 1 – $D = 40$ мм; 2 – $D = 20$ мм; 3 – $D = 9,4$ мм.



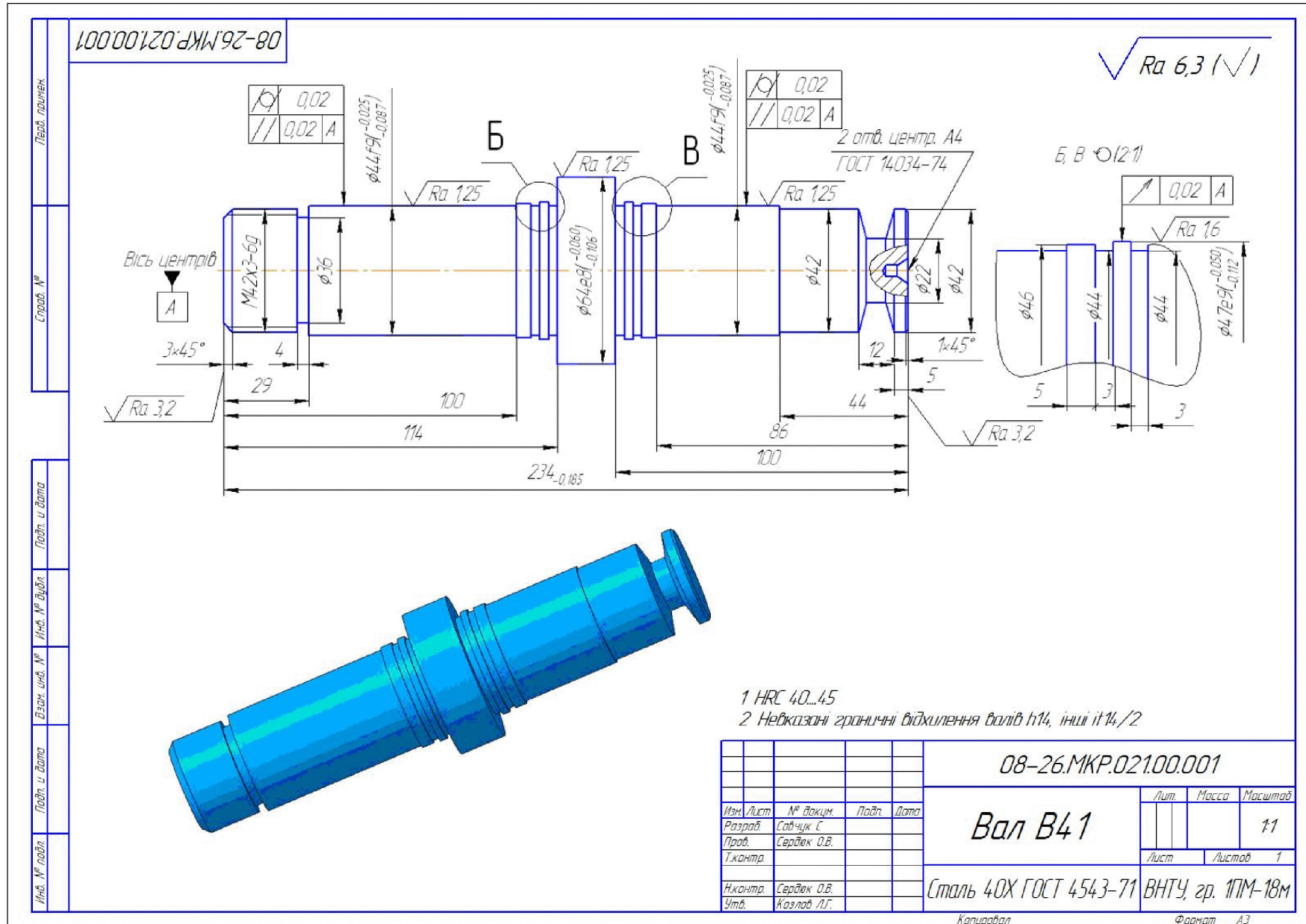
Залежність шорсткості від зусилля і марки сталі при обкочуванні: 1 – сталь 20; 2 – сталь ШХ15; 3 – сталь 45; 4 – сталь 20ХН3А; 5 – сталь Y8; 6 – сталь 18ХГТ.



Залежність шорсткості від зусилля при обкочуванні титанових сплавів: 1 – VT9; 2 – VT8; 3 – VT3-1.



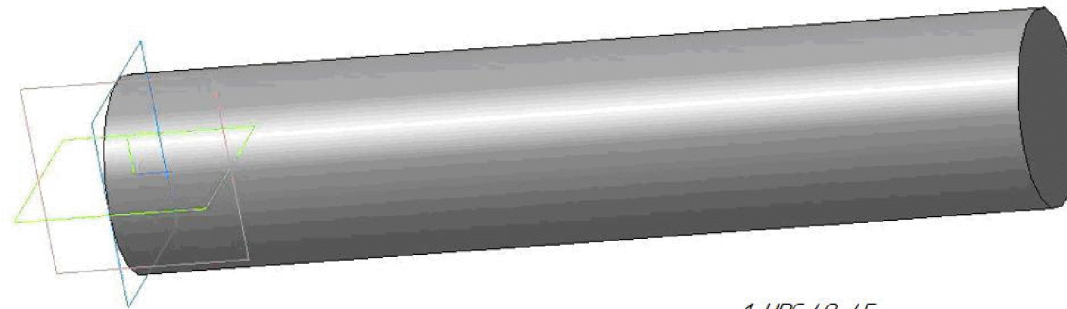
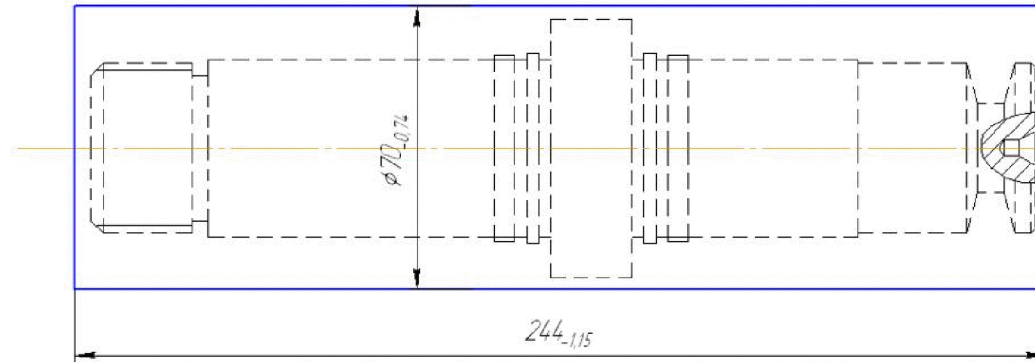
Вплив подачі на шорсткість поверхні при обкочуванні зразків з загартованої сталі ШХ15 (HRC 58–59) роликками діаметром: 1 – 10 мм; 2 – 6 мм; 3 – 4 мм.



08-26.МКР.02100.002

Перв. проект.

Склад. №



- 1 HRC 40...45
- 2 Невказані граничні відхилення валів h14, інші it14/2

Лист. і дата

Інв. №

Взам. інв. №

Лист. і дата

Інв. №

08-26.МКР.02100.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал В41 (заготовка)	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Савчук С.							1:1
Проб.	Сердюк О.В.					Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.	Сердюк О.В.				ГОСТ 12590-71	ВНТУ, гр. ППМ-18М		
Утв.	Козляб Л.Г.				Круг Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			

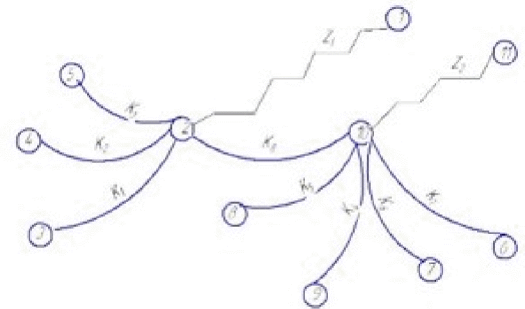
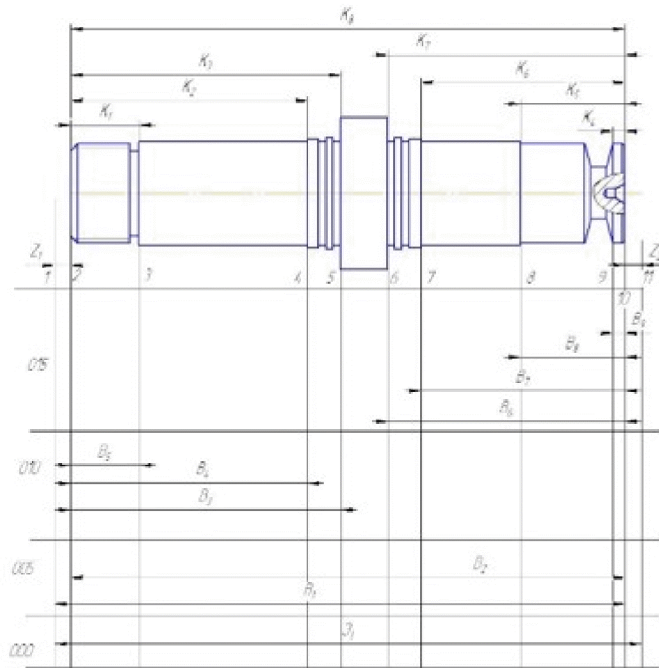
Копировал

Формат А3

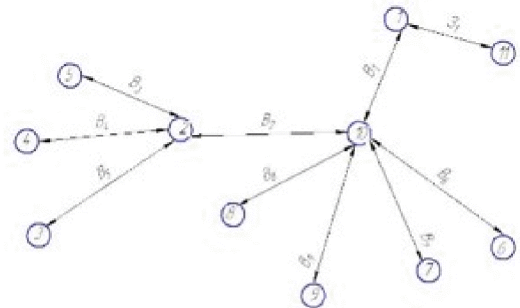
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p>Фрезерно-центрувальна</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торці 1 та 2 3 Витримувачі розміри вказані на ескізі 4 Центрувати отвори 3 та 4 5 Витримувачі розміри вказані на ескізі 6 Зняти заготовку</p>		<p>Фрезерно-центрувальний 2A931</p>
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхню 5 в розмір $\varnothing 4,8, 21-0,24$ поверхню 4 в розмір $\varnothing 4,7, 11-0,24$ поверхню 3 в розмір $\varnothing 4,5, 9-0,24$ поверхню 2 в розмір $\varnothing 3, 8-0,24$ попередньо та фаску 1 в розмір згідно ескизу односторонньо 3 Точити остаточно поверхню 2 в розмір $\varnothing 4,21-0,18$ попередньо поверхню 3 в розмір $\varnothing 4,5, 11-0,19$, остаточно поверхню 4 в розмір згідно ескизу і попередньо поверхню 5 в розмір $\varnothing 4,7, 29-0,19$ 4 Точити канавку 6 витримувачі розміри вказані на ескізі 5 Точити канавку 7 та 8 витримувачі розміри вказані на ескізі 6 Нарізати різь на поверхні 2 витримувачі розміри вказані на ескізі 7 Точити остаточно поверхні 3 та 5 витримувачі розміри вказані на ескізі 8 Зняти заготовку</p>		<p>Токарний з ЧПК 1П4.20ПФ30</p>
015	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхню 6 в розмір $\varnothing 6,5, 11-0,32$ 5 в розмір $\varnothing 4,8, 21-0,24$, поверхню 4 в розмір $\varnothing 4,7, 9-0,24$, поверхню 3 в розмір $\varnothing 4,5, 9-0,24$ поверхню 2 в розмір $\varnothing 3, 8-0,24$ попередньо та фаску 1 в розмір згідно ескизу односторонньо 3 Точити остаточно поверхню 2 в розмір $\varnothing 4,21-0,18$ попередньо поверхню 3 в розмір $\varnothing 4,5, 11-0,19$, остаточно поверхню 4 в розмір згідно ескизу і попередньо поверхню 5 в розмір $\varnothing 4,7, 29-0,19$ та поверхню 6 в розмір $\varnothing 6,4, 1-0,22$ 4 Точити канавку 7 витримувачі розміри вказані на ескізі 5 Точити канавку 8 та 9 витримувачі розміри вказані на ескізі 6 Точити остаточно поверхні 3, 5 та 6 витримувачі розміри вказані на ескізі 7 Зняти заготовку</p>		<p>Токарний з ЧПК 1П4.20ПФ30</p>
	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Обкати поверхні 1, 2, 3 3 Витримувачі розміри вказані на ескізі 4 Зняти деталь</p>		<p>Токарний високої точності 1П6.801Ф3</p>

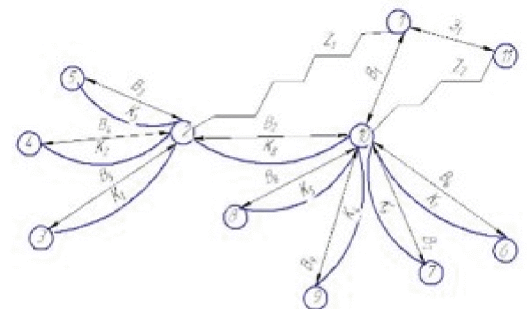
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

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

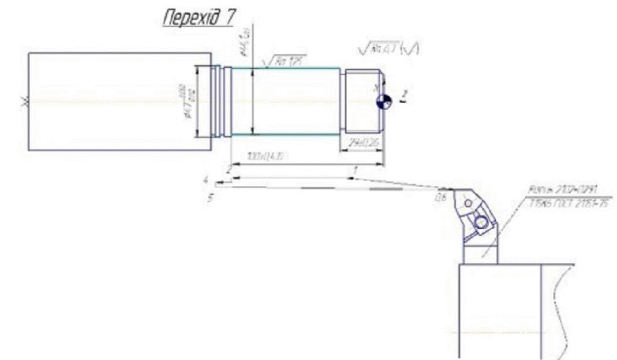
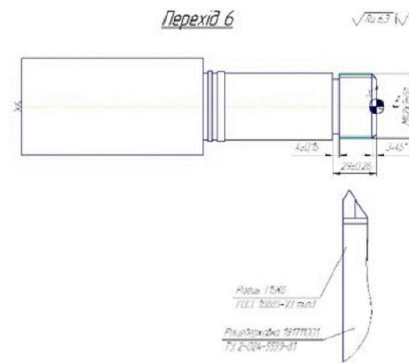
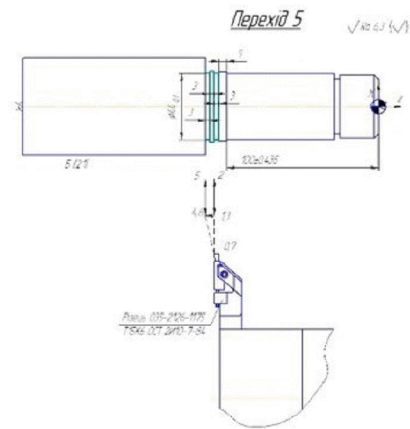
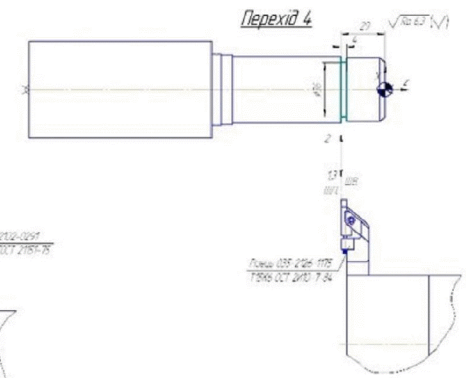
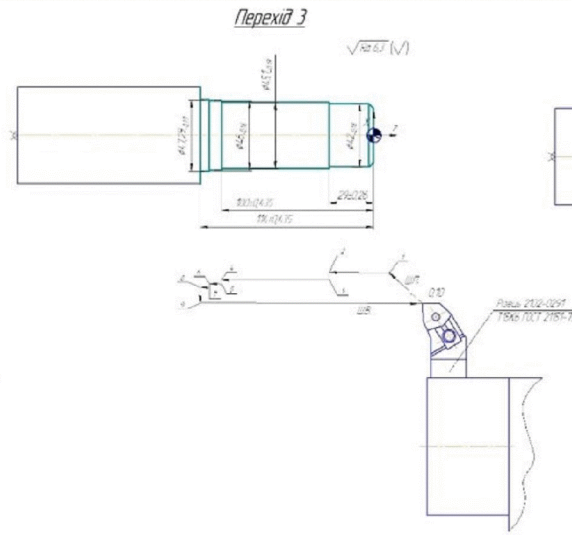
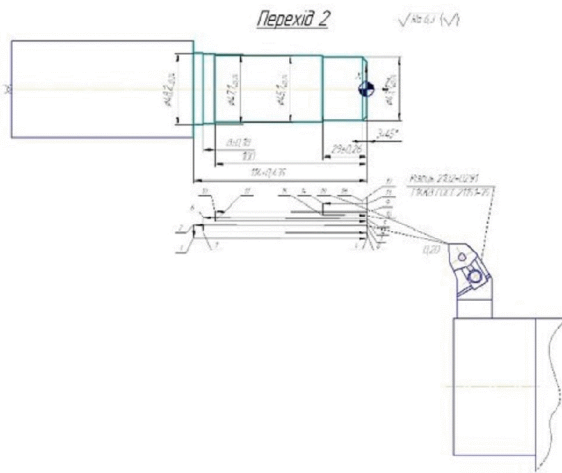
Таблиця 2 - Припуски

Припуски	Z_1	Z_2
Z_{\min} , мм	0,4	0,4
Z_{\max} , мм	1,48	1,55

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

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	235,52	236,67	1,15	236,67		236,67 _{-1,15}
B_1	234,4	235,12	0,72	235,12	235,12 _{-0,72}	
B_2	233,915	234	0,185	234	234 _{-0,185}	
B_3	113,565	114,435	0,87	114	114 _{+0,435}	
B_4	99,565	100,435	0,87	100	100 _{+0,435}	
B_5	28,71	29,26	0,52	29	29 _{+0,26}	
B_6	99,565	100,435	0,87	100	100 _{+0,435}	
B_7	87,565	88,435	0,87	88	88 _{+0,435}	
B_8	43,69	44,31	0,62	44	44 _{+0,31}	
B_9	4,85	5,15	0,3	5	5 _{+0,15}	

08-26-MKP.02100.002



7	Точки поверхні деталі	216	0.12	1220	0.2
6	Нарізати різь на поверхні 1	2.0	2	13	2
5	Точки канавки	634	0.1	16.9	0.75
4	Точки канавки	90	0.5	36.0	0.5
3	Точки поверхні паралельної	238	0.2	133.5	0.21
2	Точки поверхні паралельної	372	0.4	124.0	1.5
1	Нітканітати деталі	-	-	-	-
№	№	Точка з 4-й	Точка з 1-ї	Точка з 2-ї	Точка з 3-ї
1	2	3	4	5	6

08-26-MKP.02100.002					
№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6
Ван В41					
Ізготовки					
11					
ГОСТ 12590-71					
КНР Львів 40X ГОСТ 454.3-71					
ВНТЧ, пр. ПТМ 184					

Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові
005	0,1476	1	0,1476	0,4552	0,71
010-015	0,8817	1	0,8817		0,74
020	0,3364	1	0,3364		0,76

Таблиця 2 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			3
Допоміжні робітники	20...25%	0,6-0,75	1
ІТР	18...24%	0,48-0,72	1
СКП	2,2%	0,066	1
МОП	2%	0,12	1

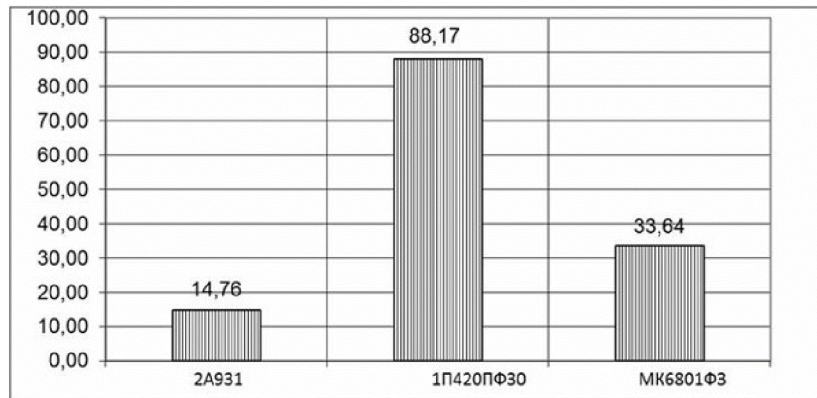


Рисунок 1 – Графік завантаження обладнання

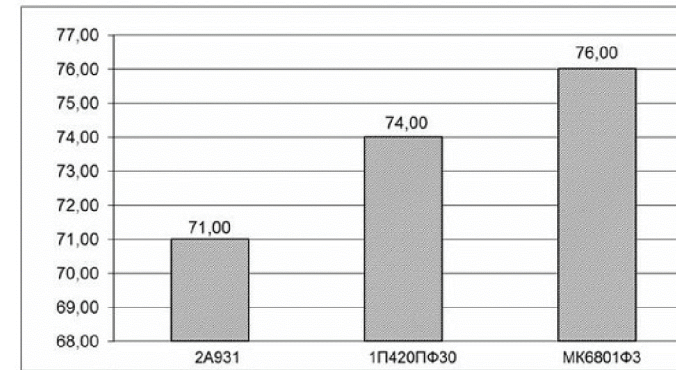


Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом