

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня **«магістр»**

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Проектування роботизованої ділянки виготовлення вкладки**

25.01.48.02-09

Здобувача (ки) групи **ТМ.м-21**

(шифр групи)

Серебрянський Антон Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Антон СЕРЕБРЯНСЬКИЙ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівники

зав. кафедри ТМВІ, проф., д.т.н. **Віталій ІВАНОВ**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

доцент, доктор філософії Юстина ТРОЯНОВСЬКА

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці

ст. викладач, канд. техн. наук **Віра ФАЛЬКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент **Олександр ІВЧЕНКО**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ РОБОТИЗОВАНИХ ДІЛЬНИЦЬ	6
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВКЛАДКА».....	15
2.1 Аналіз об'єкту оброблення	15
2.2 Розроблення маршруту виготовлення деталі	20
2.3 Проєктування та конструкторсько-технологічне забезпечення операцій механічного оброблення.....	27
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ.....	32
3.1 Обґрунтування необхідності та проєктування структури роботизованої дільниці	32
3.2 Вибір технологічного забезпечення.....	34
3.3 Оцінювання ефективності	37
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	44

ДОДАТОК А.....	47
ДОДАТОК Б.....	48
ДОДАТОК В.....	49
ДОДАТОК Г.....	52

ВСТУП

В даному дипломному проєкті розглядається технологічний процес обробки деталі «Вкладка» та його модифікація.

Дана деталь випускається в обсязі 23000 штук. Для оптимізації випуску продукції впроваджується покращення технологічного процесу, шляхом заміни технологічного оснащення, контрольно-вимірювальних пристроїв, та впровадження робота.

Проєктування роботизованої ділянки дозволяють:

- значно підвищити швидкість та точність виконання завдань;
- зменшити кількість помилок і покращити загальну продуктивність виробництва;
- сприяє зменшенню впливу людського фактора на якість виробів;
- підвищує економічну ефективність, шляхом заміни робітників;
- дає можливість працювати в несприятливих та небезпечних умовах.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Вкладка 25.01.48.02-09»

Предмет дослідження – операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Вкладка 25.01.48.02-09»

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності механічної обробки деталі вал за рахунок впровадження сучасного технологічного оснащення з використанням прогресивних розробок інструментального виробництва, здатних забезпечити якісну обробку заготовок.

Для досягнення мети було поставлено такі задачі:

- 1) виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вкладка»;
- 2) розробити оптимізований технологічний процес виготовлення деталі «Вкладка»;
- 3) обрати технологічне забезпечення та спроектувати роботизовану ділянку;
- 4) виконати розрахунок ефективності оптимізованого технологічного процесу.

Особистий внесок автора. Автором виявлені недоліки базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вкладка 25.01.48.02-09», запропоновано перспективний технологічний процес спрямований на обробку заготовки та оптимізацію виробничого процесу. Спроектують роботизовану ділянку. Сформульовано висновки щодо доцільності використання оптимізованого технологічного процесу, спроектованої роботизованої ділянки.

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. СУЧАСНІЙ СТАН РОЗВИТКУ РОБОТИЗОВАНИХ ДІЛЬНИЦЬ

Вчення про роботизовані дільниці стали невід'ємною частиною сучасного виробництва та промисловості. Літературний огляд цієї теми вказує на те, що роботизовані системи допомагають вирішувати ряд ключових завдань, що стосуються ефективності виробництва, якості продукції та безпеки працівників.

Згідно з дослідженнями [1], роботизовані дільниці дозволяють значно підвищити швидкість та точність виконання завдань, зменшити кількість помилок і покращити загальну продуктивність виробництва. Використання роботів у виробництві також сприяє зменшенню впливу людського фактора на якість виробів.

З іншого боку, дослідження [2] вказує на соціально-економічні виклики, пов'язані із заміною ручної праці роботами. Деякі експерти висловлюють обурення стосовно можливих втрат робочих місць та збільшення рівня безробіття, як наслідок впровадження роботизації.

Наукова праця [2] присвячена використанню штучного інтелекту в роботизованих системах. Вказується, що застосування алгоритмів машинного навчання управляє процесами роботизації, дозволяючи системам адаптуватися до змінних умов та оптимізувати свою продуктивність.

Узагальнюючи вищезазначені дослідження, можна зазначити, що роботизовані дільниці вносять суттєвий вклад у розвиток промисловості, проте також породжують нові виклики, які вимагають уважного вивчення та ефективного вирішення.

Автори наукової праці [3] висловлюють обурення щодо етичних аспектів використання роботів у виробництві. Зазначається, що наявність роботів може призвести до виникнення моральних питань, пов'язаних із заміною людської праці, втратою ідентичності та впливом на психічне здоров'я працівників.

Науковці вказують на те, що роботизація дільниць в сучасності є необхідною у зв'язку зі зростанням конкурентоспроможності та вимогами до якості продукції. Вони рекомендують впроваджувати роботизовані системи з врахуванням соціальних аспектів, таких як перепідготовка працівників та створення нових робочих місць в інших галузях.

Загальний аналіз літературних джерел підкреслює, що розвиток роботизованих дільниць є складним процесом, який вимагає уважного балансу між ефективністю виробництва, економічною стійкістю та соціальною відповідальністю. Іноземні дослідження стають важливим ресурсом для формування комплексного розуміння та ефективного управління в цій галузі. У роботі [4] звертається увага на соціокультурні виклики, пов'язані з роботизацією. Автор вказує на важливість адаптації суспільства до змін, що вносить роботизація, та підтримки та навчання працівників для їх ефективного взаємодії з новими технологіями. Питання регулювання використання робототехніки в медицині обговорює наукова праця [4]. Відзначається, що нарощування ролі роботів у медичних процедурах створює нові етичні та правові дебати, включаючи питання конфіденційності та відповідальності за прийняття рішень у сфері здоров'я.

Дослідження [4] наголошує на тому, що роботизовані дільниці також відіграють ключову роль у зменшенні впливу на навколишнє середовище. Ефективність енергоспоживання та зменшення викидів шкідливих речовин стають важливими перевагами в контексті сталого розвитку. Інші дослідження [7] розглядають вплив роботизації на навколишнє середовище. Визначається, що деякі роботизовані технології спрямовані на зменшення викидів та оптимізацію енергоспоживання, сприяючи сталому розвитку та відповідальному виробництву.

Однак, інші дослідження, наприклад [3], вказують на те, що впровадження роботизації не завжди є економічно обґрунтованим для всіх галузей. Витрати на розробку та впровадження роботизованих систем можуть бути великими, і ефективність такого вирішення повинна бути уважно

взваженою. Загалом, досліджені джерела свідчать про широкий спектр підходів до розвитку роботизованих дільниць, враховуючи як технологічні, економічні, соціальні, так і етичні аспекти. Необхідно продовжувати дослідження та обговорення цієї теми для створення балансованих стратегій впровадження роботизації, які сприятимуть сталому розвитку та соціальному добробуту.

Літературний огляд сучасного стану розвитку роботизованих дільниць надає глибокий інсайт у технологічні та організаційні зміни в сучасних промислових процесах. Дослідження [5] розглядає ефективність впровадження робототехніки в аерокосмічній промисловості. Визначено, що високотехнологічні роботизовані системи дозволяють збільшити продуктивність та точність завдань, зменшуючи витрати на виробництво та підвищуючи конкурентоспроможність. Дослідження зосереджується на роботизації в автомобільній промисловості. Вони вказують на те, що використання роботів у виробництві автомобілів дозволяє підвищити швидкість виробництва, забезпечити стандартизацію та покращити безпеку працівників.

У дослідженні [6] розглядається вплив роботизованих систем на здоров'я працівників. Вказується, що правильно розгорнуті роботизовані дільниці можуть зменшити ризик травм та втоми серед працівників, що сприяє створенню більш комфортних та безпечних робочих умов.

Аспект ефективності використання штучного інтелекту в робототехніці розглядається у дослідженні [7]. За допомогою алгоритмів машинного навчання, роботи стають здатні адаптуватися до змінних умов виробництва, що підвищує їх адаптивність та продуктивність. Проте, дослідження [8] вказують на те, що не завжди роботизація є економічно вигідною для певних галузей. Враховуючи великі витрати на впровадження та підтримку роботизованих систем, деякі підприємства можуть стикатися з труднощами в окупності витрат.

В іншому ключовому дослідженні [7] розглядається питання впливу роботизації на зайнятість. Зауважується, що введення роботів може призвести до втрати певних робочих місць, але в той же час створити нові можливості для спеціалізованої праці та обслуговування роботизованих систем.

Роботизовані дільниці стають необхідністю для підвищення продуктивності, ефективності та безпеки у промисловому виробництві. Однак, важливо уважно враховувати економічні, соціальні та етичні виклики, пов'язані з їх впровадженням, для створення збалансованих стратегій розвитку та прийняття рішень.

Загальною тенденцією, визначеною в роботі [10], є необхідність уважного планування впровадження роботизованих дільниць, враховуючи технологічні, економічні, соціальні та етичні аспекти. Підкреслюється важливість створення комплексних стратегій, що сприятимуть не тільки підвищенню продуктивності, але й забезпечать збалансований підхід до сучасних викликів у сфері виробництва та технологій.

В цілому, літературний огляд джерел вказує на розмаїття підходів та визначає ключові аспекти розвитку роботизованих дільниць у сучасному промисловому середовищі. Обговорення технологічних інновацій, економічної вигідності, соціальних викликів та етичних питань виявляються критичними для формування повноцінного розуміння цієї динамічної області.

Ще однією важливою ареною досліджень є вплив роботизації на навчання та навички працівників, про що розглянуто в роботі [9]. Висвітлюється необхідність постійного навчання та перепідготовки персоналу для ефективного використання новітніх технологій. Дослідження підкреслює важливість створення програм навчання та розвитку, спрямованих на вдосконалення цифрових та технічних навичок робітників.

У роботі [10] розглядається тема кібербезпеки у зв'язку з розширенням роботизованих систем. Визначаються потенційні загрози та вразливості, пов'язані із зростанням кількості підключених до мережі роботизованих пристроїв, і розглядаються заходи безпеки для запобігання можливим атакам.

Особлива увага в [11] приділяється впливу роботизації на глобальну економіку та ринки праці. Дослідження вказує на зміни у розподілі робочих місць, зокрема, збільшення попиту на висококваліфіковані фахівці та можливість зниження робочих місць, які виконують рутинні завдання. Інші автори розглядають питання правового регулювання роботизації, зокрема, створення нормативних актів та стандартів, які визначають відповідальність за автономні дії роботів, а також забезпечують права та захист працівників. Загальний висновок з літературного огляду підкреслює комплексність викликів, що виникають у зв'язку з розвитком роботизованих ділянок. Спільне управління технологічними, економічними, соціальними, етичними та правовими аспектами є критичним для створення сталого та ефективного майбутнього в контексті роботизації виробництва.

Ще однією ключовою темою, на яку звертає увагу [12], є взаємодія між роботами та людьми на робочому місці. Дослідження підкреслює важливість створення гармонійних робочих середовищ, де люди та роботи можуть ефективно співпрацювати. Проактивне впровадження систем колаборативної роботи та навчання може сприяти покращенню комунікації та взаєморозуміння між цими двома суб'єктами.

Загальна тенденція з літературного аналізу полягає в тому, що розвиток роботизованих ділянок потребує глибокого розуміння та узгодженого підходу до різноманітних викликів, що виникають на шляху впровадження цих технологій у різні сфери життя. Інтеграція робототехніки вимагає комплексного підходу, об'єднуючи технічні, економічні, соціальні, етичні та правові аспекти.

Ще однією ключовою темою досліджень, висвітленою в дослідженні [14], є вплив роботизації на різні сфери життя, такі як мистецтво, розваги та освіта. Автор вказує на потенційні переваги та виклики, пов'язані з використанням роботів у творчих і креативних галузях, а також на те, як це може впливати на підходи до навчання та сприйняття мистецтва.

У роботі [15] обговорюється питання відповідальності та етичних аспектів розробки та використання роботів, зокрема в автономних системах та штучному інтелекті. Автор наголошує на необхідності розробки стандартів та законодавства, яке регулюватиме використання роботів у різних сферах, забезпечуючи безпеку та захист прав споживачів.

Дослідження [5] фокусується на розумінні впливу робототехніки на ринок праці та створення нових робочих місць. Зазначається, що, хоча можливі втрати робочих місць у деяких секторах, виникають і нові можливості для розробки, обслуговування та управління роботами, що створює потребу в нових навичках. Також акцентується увага на використанні роботів у медицині та допомозі особам з обмеженими можливостями. Висвітлюється потенційна користь для пацієнтів та можливість покращення якості надання медичних послуг. Загальна тенденція з літературного аналізу вказує на те, що роботизація впливає на різні аспекти суспільства та діяльності людей. Важливо враховувати різноманіття викликів та можливостей, щоб розробляти стратегії впровадження роботизованих систем, які враховують не лише технічні, економічні та соціальні, але й етичні та культурні аспекти.

Ще однією актуальною темою в дослідженні роботизації є вивчення впливу цих технологій на економіку. Розглядає ефективність використання роботів у виробництві та їх вплив на виробничі процеси. Висвітлюється збільшення продуктивності та конкурентоспроможності за рахунок автоматизації.

У роботі [16] проводиться порівняльний аналіз досвіду різних країн у впровадженні робототехніки. Автор висвітлює різноманітність стратегій та політик, які використовуються для регулювання роботизації, зокрема в контексті фіскальних стимулів та програм підтримки.

Дослідження [17] звертає увагу на виклики, пов'язані з переосвітою та навчанням у зв'язку зі зростанням автоматизації робочих процесів. Дослідження вказує на необхідність розвивати нові підходи до навчання та навичок, щоб працівники могли успішно адаптуватися до змін на ринку праці.

Аналізує вплив роботизації на глобальну торгівлю. Напрацювання визначають, що використання роботів у виробництві може мати ефект на глобальні ланцюги постачання та перерозподіл робочих місць між країнами.

Однак дослідження [18] також вказують на соціальні виклики та нерівності, які можуть виникнути внаслідок роботизації. Зазначається, що нерівномірний доступ до технологій та зміни в ринку праці можуть призвести до соціальних розходжень. Загальною тенденцією є те, що роботизація має значний вплив на економіку, викликаючи як позитивні, так і негативні наслідки. Дослідження зазначають на необхідність грамотного регулювання та управління цими змінами для забезпечення стійкого економічного розвитку та соціальної справедливості.

Дослідження [19] розглядає вплив роботизації на ринок житла та нерухомості. Автор висвітлює те, як автоматизація будівельних процесів та використання роботів може вплинути на вартість житла, якість будівель та нові підходи до архітектурного проектування.

У праці [20] вивчається вплив роботизації на сферу послуг та обслуговування. Дослідження вказує на те, що використання роботів у галузі обслуговування може змінити спосіб надання послуг, покращити їх якість та забезпечити нові можливості для бізнесу. Вивчає вплив роботизації на сільське господарство. Дослідження вказує на переваги використання роботів у сільському господарстві, такі як підвищення ефективності, зменшення витрат та оптимізація виробництва.

Дослідження [21] аналізує вплив роботизації на галузь транспорту. Використання автономних транспортних засобів та роботизованих систем може поліпшити безпеку на дорогах, зменшити витрати на транспорт та створити нові можливості для логістики. Роботизація має глибокий та різноманітний вплив на різні сфери суспільства. Важливо враховувати цю широку перспективу при розробці стратегій впровадження роботизованих систем та управління соціально-економічними трансформаціями.

Роботизація впливає на розвиток технологічних стартапів та інноваційних підприємств [22]. Виникнення нових технологій та роботизованих рішень створює унікальні можливості для розвитку інноваційного бізнесу та залучення інвестицій. Розглядається аспект взаємодії роботів та штучного інтелекту в бізнес-процесах. Дослідження висвітлює, як використання алгоритмів машинного навчання та інтелектуальних систем може покращити управління та прийняття стратегічних рішень в організаціях. Робота [23] розглядає ефективність впровадження роботизованих систем у сфері обслуговування клієнтів. Автоматизація операцій та використання роботів у взаємодії з клієнтами може покращити якість обслуговування та забезпечити позитивний досвід споживачів.

Крім того, важливою є етична сторона використання роботів у бізнесі, зокрема питання відповідальності за прийняття рішень роботами та впливу на моральні аспекти ведення бізнесу [23]. Загальною тенденцією з літературного огляду вказується на те, що впровадження роботизації в бізнес відкриває нові можливості для інновацій та підвищення ефективності. Однак важливо розглядати цей процес в комплексі з економічними, соціальними, етичними та правовими викликами, що виникають у зв'язку з автоматизацією бізнес-процесів.

Дослідження [24] розглядає вплив роботизації на гнучкість виробництва та логістики. Висвітлюється, як використання роботів може покращити здатність підприємств адаптуватися до змін в ринкових умовах, оптимізувати логістичні процеси та забезпечити ефективне управління запасами.

У [25] досліджується вплив роботизації на конкурентоспроможність підприємств. Зазначається, що впровадження робототехніки може стати стратегічним конкурентним перевагою, забезпечуючи підприємствам можливість підвищити продуктивність та якість продукції. Дослідження аналізує ефективність використання роботів у виробництві та його вплив на якість продукції. Висвітлюється, як автоматизація допомагає уникнути людських помилок та забезпечити стабільний рівень якості у виробництві.

Досліджує взаємодію між роботами та людьми на виробничому майданчику. Зазначається, що важливо створити безпечне та ефективне співробітництво між автономними системами та робітниками для досягнення максимальної продуктивності.

Однак праця [26] підкреслює потребу уважного планування впровадження роботизації, особливо враховуючи ризики та виклики, які можуть виникнути в контексті стосунків між людьми та роботами на виробництві. Роботизація виробництва може суттєво покращити його ефективність та конкурентоспроможність, проте важливо враховувати аспекти безпеки, якість продукції та взаємодію з робочою силою для досягнення найкращих результатів.

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВКЛАДКА»

2.1 Аналіз об'єкту оброблення

Деталь «Вкладка» є складовою виробу «Вкладка» та безпосередньо входить до складальної одиниці «Екструдер» (рис. 2.1), що створює необхідний тиск для переміщення сировини від вузла завантаження до формуючих насадок. Деталь виконує свої функції в екструдері, виготовлена з інструментальної сталі, що забезпечує її функціональність.

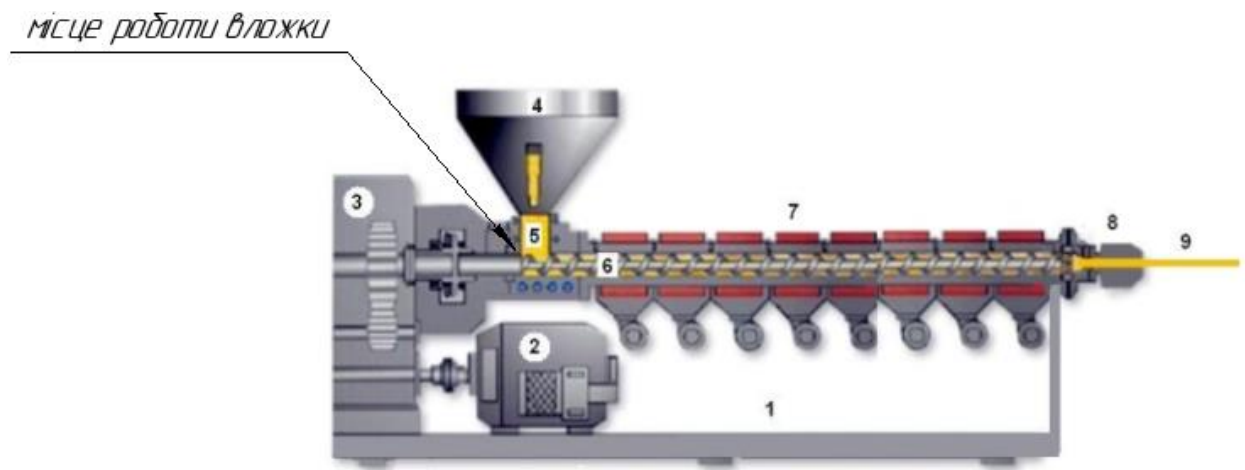
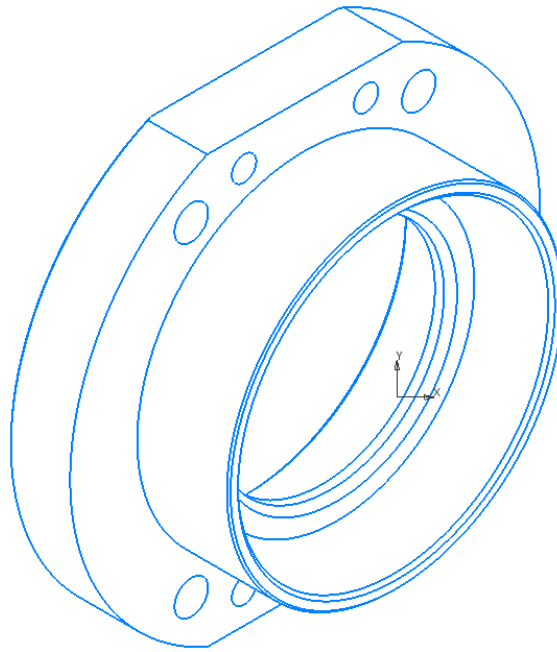
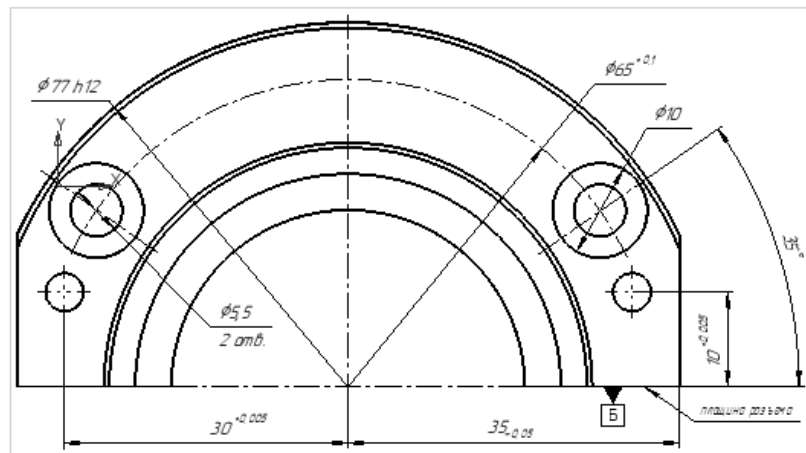
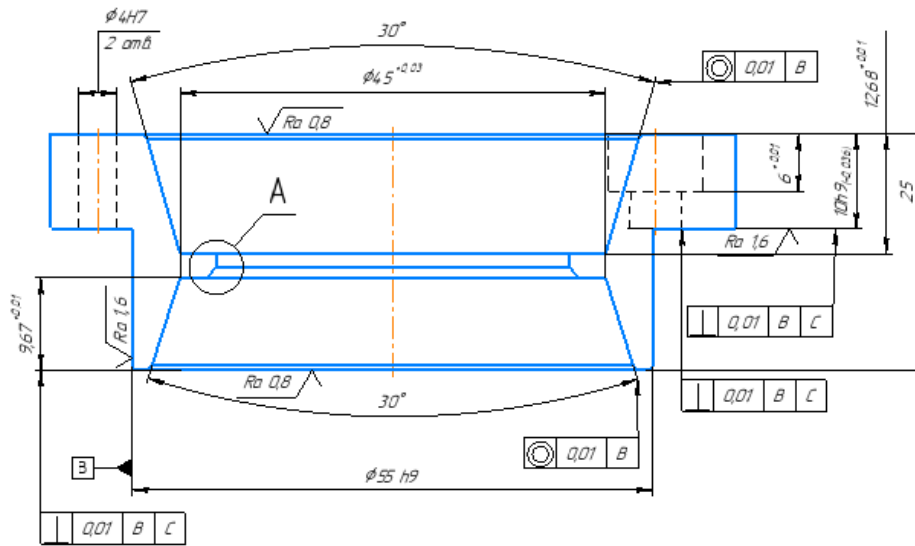


Рисунок 2.1 – Екструдер: 1 – корпус; 2 – двигун; 3 – шестерні; 4 – бункер; 5 – зона завантаження екструдера; 6 – шнек; 7 – нагрівачі; 8 – формуюча частина; 9 – матеріал

Дана деталь працює в екструдері. Екструдер являє собою електромеханічний пристрій, безпосередньо призначений для процесу формування деталей визначеного профілю з матеріалу на основі пластмаси. Деталь «Вкладка» являє собою тіло обертання (рис. 2.2), яка в процесі виготовлення ділиться на дві рівнозначні частини – готові деталі. Дана деталь доволі точна та має невеликі габаритні розміри та масу, виготовляється з інструментальної сталі марки 4X5МФС.



а)



б)

Рисунок 2.2 – креслення деталі: а – просторова модель; б – креслення

Оскільки умови застосування деталі «Вкладка» залежать від властивості її матеріалу, розглянемо його характеристику. Сталь марки 4X5МФС є інструментальною, найближчими заміниками є сталі марок 4X5МФ1С, 4X4ВМФС.

Сталь марки 4X5МФС в промисловості використовується при виготовленні дрібних молотових штампів, крупних (більше 200 мм) молотів та пресових вставок при гарячій деформації конструкційних сталей та кольорових сплавів в умовах крупносерійного та масового виробництва пресформ лиття під тиском алюмінієвих, а також цинкових та магнієвих сплавів. Хімічний склад сталі наведено в таблиці 2.1.

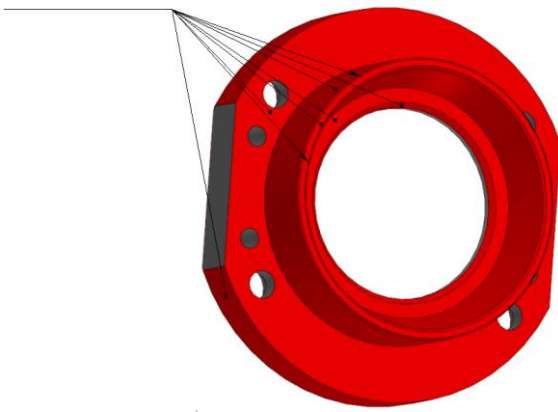
Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 4X5МФС [27]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,32–0,4	0,9–1,2	0,2–0,5	до 0,4	до 0,03	до 0,03	4,5–5,5	до 0,3

Відомо, що марка сталі 4X5МФС має такі фізико-механічні властивості: температура критичних точок: $A_{c1} = 840$; $A_{c3} (A_{cm}) = 870$; $A_{r1} = 810$; $M_n = 300$. До технологічних властивостей сталі марки 4X5МФ1С слід віднести такі показники. Флокеночутливість: чутлива. Схильність до відпускнуї крихкості: малосклонна. Твердість сталі 4X5МФ1С після відпалу, ГОСТ 5950-2000 HB 10-1 = 241 МПа.

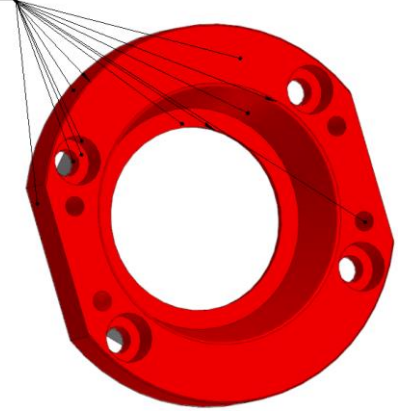
Деталь «Вкладка» є сукупністю поверхонь, які потребують оброблення (рис. 2.3). Аналіз усіх поверхонь деталі, які виконують функції базових, виконавчих та вільних поверхонь наведено на рисунку 2.4 та зведено у таблицю 2.2.

Обробка поверхонь:
- токарна чорнова
- токарна чистова



а)

Обробка поверхонь:
- токарна чорнова
- токарна чистова
- фрезерна чистова



б)

Рисунок 2.2 – Оброблювані поверхні деталі «Вкладка»

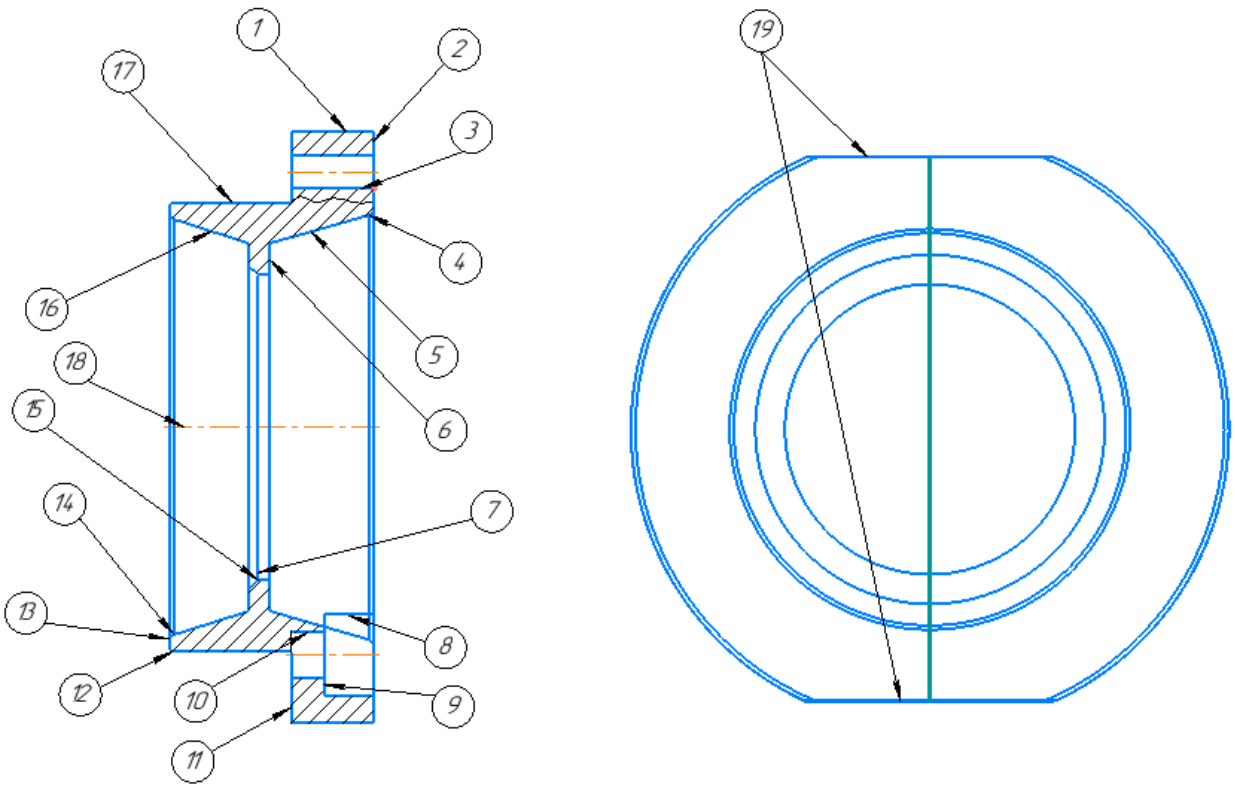


Рисунок 2.3 – Аналіз поверхонь деталі «Вкладка»

Таблиця 2.2 – Аналіз поверхонь деталі «Вкладка»

№ поверхні	Найменування поверхні	Призначення	Номінальні розміри, мм	Точність, квалітет	Шорсткість, мкм
1	Зовнішня циліндрична поверхня	Базова	10	h9	1,6
2	Торець	Вільна	77	h12	0,8
3	Отвір	Базова	4	H7	12,5
4	Фаска	Вільна	0,5x45°	H7	1,6
5	Внутрішня конічна поверхня	Виконавча	12,68 30°	H14	3,2
6	Торець	Вільна	45	h14	3,2
7	Канавка	Виконавча	2,56	H14	1,6
8	Отвір	Вільна	6	H7	1,6
9	Торець	Базова	10	H7	1,6
10	Отвір	Базова	10	H7	1,6
11	Торець	Базова	22	h12	1,6
12	Фаска	Базова	0,5x45°	H7	1,6
13	Торець	Вільна	55	h9	0,8
14	Фаска	Базова	0,5x45°	H7	1,6
15	Фаска	Базова	0,5x45°	H7	1,6
16	Внутрішня конічна поверхня	Виконавча	9,67 30°	H14	3,2
17	Зовнішня циліндрична поверхня	Вільна	15	h9	1,6
18	Торець	Базова	25	-	-
19	Лиска	Базова	12	h9	1,6

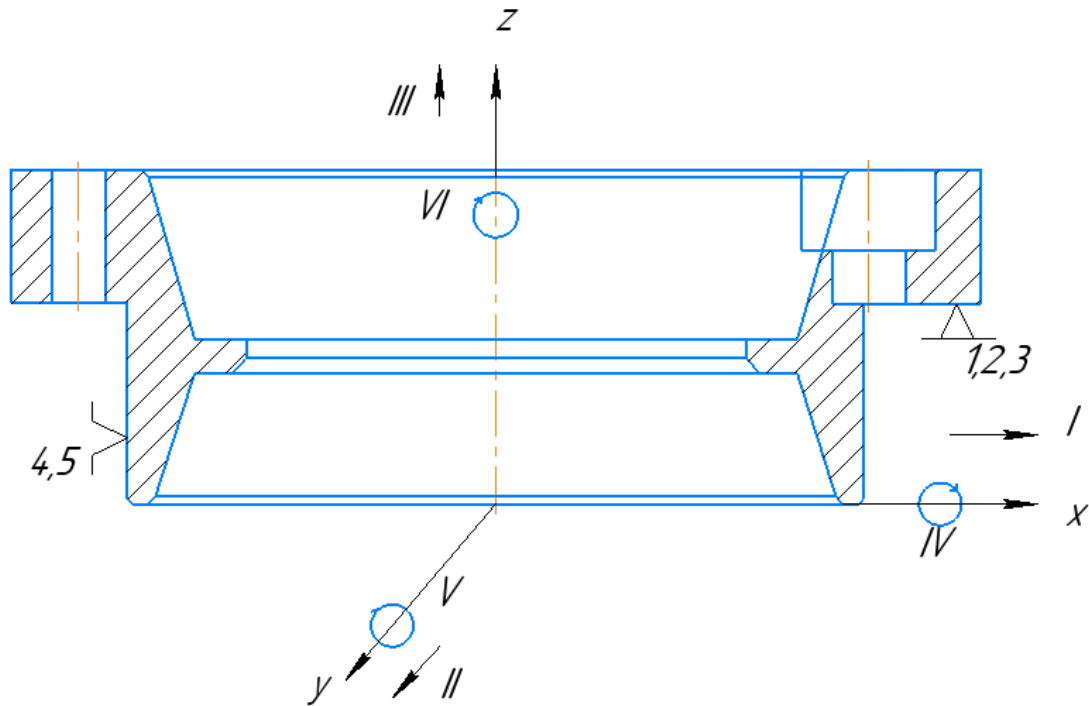


Рисунок 2.4 – Схема базування деталі у виробі

Таблиця 2.3 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
1	0	0	1	Установча
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	Вакансія
α	0	0	0	
	2	2	1	

2.2 Розроблення маршруту виготовлення деталі

Проаналізовано базовий маршрут виготовлення деталі «Вкладка» (рис. 2.5 а), який складається з 14 технологічних операцій. Способом одержання вихідної заготовки є відрізання круглого прокату на відрізнаму ножівковому верстаті. Вибір даного способу обґрунтований технологічними можливостями підприємства та його постачанням. Оброблення поверхонь здійснюється на операціях механічного оброблення, зокрема 15 Токарна з

ЧПК, 25 Токарна з ЧПК, 35 Фрезерна з ЧПК, 45 Електроерозійна, 60 Плоскошліфувальна, 65 Слюсарна. З метою забезпечення фізико-механічних властивостей деталі у технологічному процесі передбачено операцію 50 Термічна, під час якої виконується зняття напружень деталі в термпечі. Під час виконання технологічного процесу доцільним є проводити технічний контроль, для цього передбачено відповідні операції (10 Технічний контроль, 20 Технічний контроль, 30 Технічний контроль, 40 Технічний контроль, 55 Технічний контроль, 70 Технічний контроль). При виконанні вищезазначених операцій отримуємо функціональні поверхні, які зазначені в табл. 2.2, забезпечуючи виконання вимог щодо точності та якості поверхонь.

Аналіз базового технологічного процесу свідчить про наявні резерви для оптимізації. Зокрема, диференціація операцій призводить до необґрунтованих непродуктивних витрат часу, пов'язаних із переустановленням та вивіркою заготовки на кожній операції. Крім того, це призводить до накопичення похибки устанавлення, що, у цілому, знижує точність оброблення. Таким чином, запропонований технологічний процес (рис. 2.5 б) складається з 9 технологічних операцій, серед яких 3 операції є операціями механічного оброблення поверхонь. Заготовку у формі штампівка отримують на операції 05 Заготівельна. Запропоновано в якості метода одержання заготовки, використовувати штампівку на ГKM.

Сучасне металообробне обладнання дозволяє виконувати комплекс операцій на одному робочому місці, забезпечуючи задану точність і якість оброблених поверхонь. Отже резервом для вдосконалення технологічного процесу є інтенсифікація виробництва завдяки застосуванню прогресивного токарно-фрезерного обробного центру. Таким чином, це дозволить об'єднати дві токарні з ЧПК і одну фрезерну з ЧПК операції в одну комплексну (10 Токарно-фрезерна з ЧПК). На даній операції виконуються токарні та фрезерні роботи з формування зовнішніх та внутрішніх поверхонь. Після чого деталь розрізають на дві частини на електроерозійному верстаті моделі HF400MZQ (операція 20 Ерозійна).

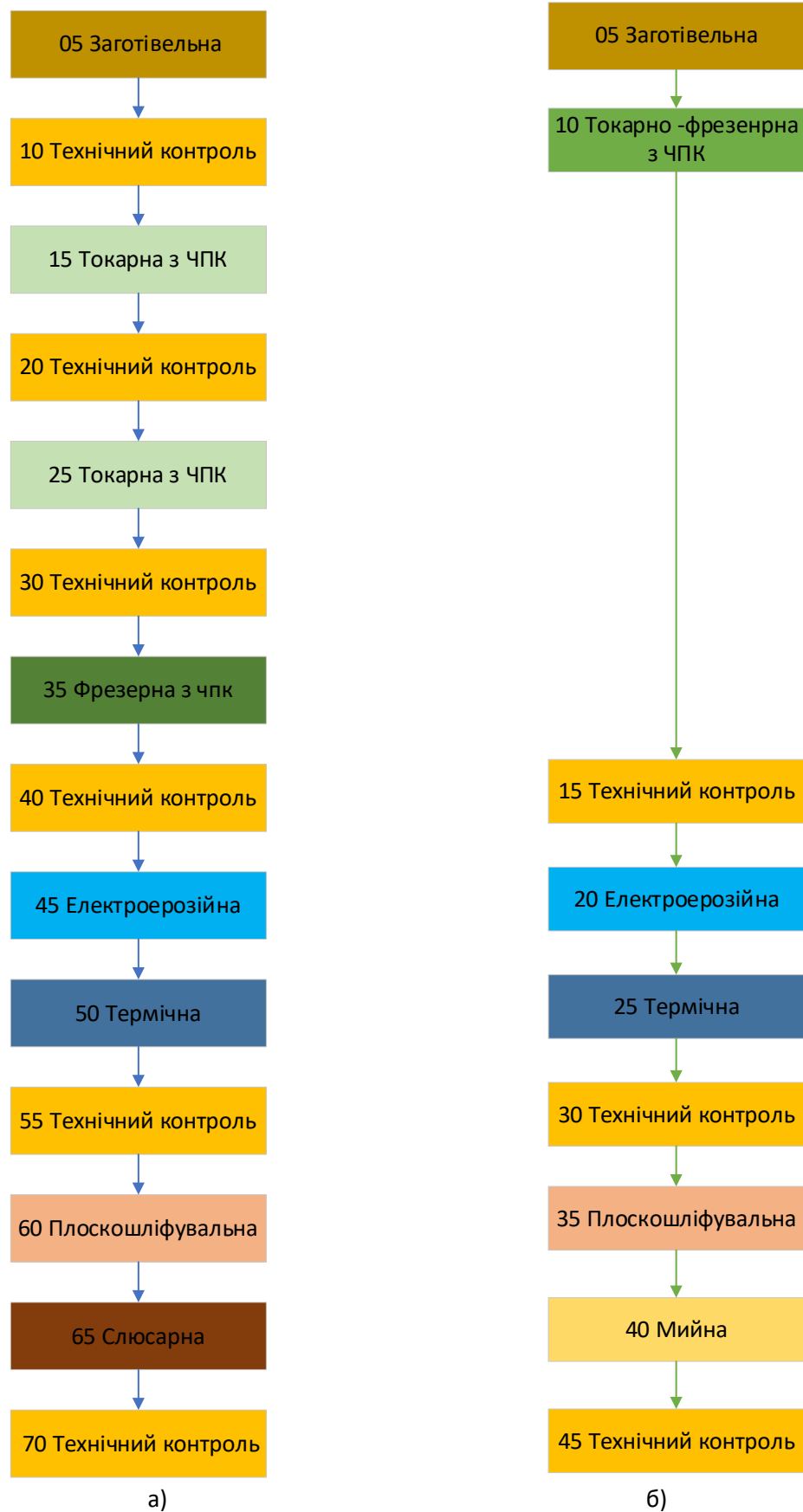


Рисунок 2.5 – Технологічний процес виготовлення деталі «Вкладка»:
 а – базовий; б – запропонований

Після отримання двох деталей, їх піддають термічному обробленню з метою надання необхідних властивостей матеріалу. Ще одним етапом механічного оброблення є шліфування поверхонь 4, 10 на плоскошліфувальному верстаті 3E711B (операція 30 Плоскошліфувальна).

Ще одним резервом до скорочення трудомісткості виготовлення деталі є можливість оброблення деталі за один установ. Крім того, це дозволить зменшити операції технічного контролю за рахунок заміни чотирьох операцій (10 Технічний контроль, 20 Технічний контроль, 30 Технічний контроль, 40 Технічний контроль, 50 Технічний контроль, 70 Технічний контроль) базового ТП на одну операцію в запропонованому ТП (15 Технічний контроль). Враховуючи, технологічні можливості запропонованого технологічного процесу і металообробне обладнання, що використовується, відсутня доцільність у виконанні слюсарної операції 65.

У запропонований процес додано операцію (40 Мийна) для очищення деталі від стружки і змащувально-охолоджувальних рідин. Остаточний технічний контроль виконується на операції 45 Технічний контроль, де перевіряється відповідність оброблених поверхонь конструкторсько-технологічній документації.

Таким чином, слід зазначити, що окрім вищезазначених показників, для запропонованого ТП відбувається скорочення робочих місць, одиниць обладнання та елементів технологічного оснащення.

На рисунку 2.6 наведено матрицю оброблення поверхонь для запропонованого технологічного процесу. У результаті аналізу отримані точні дані стосовно значного покращення та оптимізації технологічного процесу.

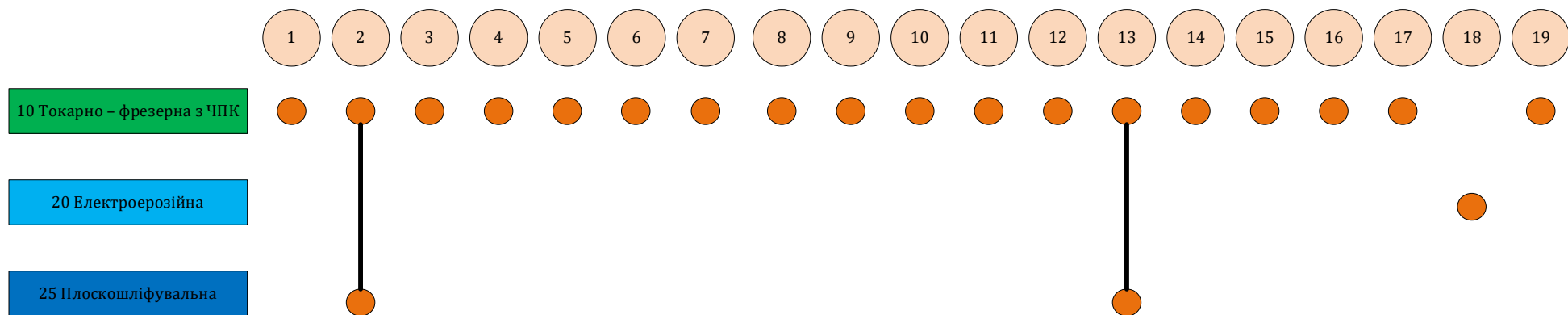


Рисунок 2.6 – Матриця оброблення поверхонь для запропонованого технологічного процесу

Важливою характеристикою для аналізу ефективності технологічних процесів є трудомісткість. До показників норм часу, що аналізувалися, віднесено наступні: T_o – основний час; $T_{мв}$ – машино-допоміжний час ; T_v – допоміжний час; $T_{оп}$ – оперативний час; $T_{шт}$ – норма штучного часу; $T_{шк}$ – норми штучно-калькуляційного часу; $T_{пз}$ – норма підготовчого-завершального часу.

Трудомісткість виконання операцій для базового та запропонованого технологічних процесів зведено у таблиці 2.3 і 2.4 відповідно.

Таблиця 2.3 – Трудомісткість виконання механічних операцій базового технологічного процесу

Найменування операції та обладнання	T_o	$T_{мв}$	$T_{ца}$	T_v	$T_{оп}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$	$T_{шк}$
Токарна з ЧПК Haas Automation TL-1	6,15	0,1	1,24	2,41	5,46	24	10,1	34,1
Токарна з ЧПК Haas Automation TL 2 HE	0,45	0,1	1,24	6,24	6,69	16	7,78	23,78
Вертикально фрезерна HAAS Mini Mill	5,41	-	-	3,91	9,32	10,4	10,1	20,5
Електроерозійна AgieCharmillesCUT 300mS/Sp	48,12	-	-	4,23	10,24	26,5	56,17	82,67
Плоскошліфувальна 3E711B	5,22	-	-	3,11	11,34	27	9,83	36,83

Таблиця 2.4 – Трудомісткість виконання механічних операцій запропонованого технологічного процесу

Найменування операції та обладнання	T _о	T _{мв}	T _{ца}	T _в	T _{оп}	T _{пз}	T _{шт}	T _{шк}
Токарна-фрезерна з ЧПК T 65M/1250	12,01	0,2	2,48	8,16	21,47	32,76	19,58	52,34
Електроерозійна AgieCharmillesCUT 300mS/Sp	48,12	-	-	4,23	10,24	18,55	44,93	63,48
Плоскошліфувальна ZE711B	5,22	-	-	3,11	11,34	21,6	7,86	29,46

Аналіз структур ТП та проведених розрахунків підтвердив, що запропонований підхід інтенсифікації ТП є обґрунтованим та доцільним для заданих умов виробництва, враховуючи величину партії деталей 23000 шт. Зокрема, запропонований ТП забезпечує суттєве скорочення непродуктивних витрат часу на виконання токарно-фрезерної з ЧПК операції. Так, за підготовчо-завершальним часом – у 1,5 раза; за штучним часом – в 1,4 раза; за штучно-калькуляційним часом – в 1,5 раза.

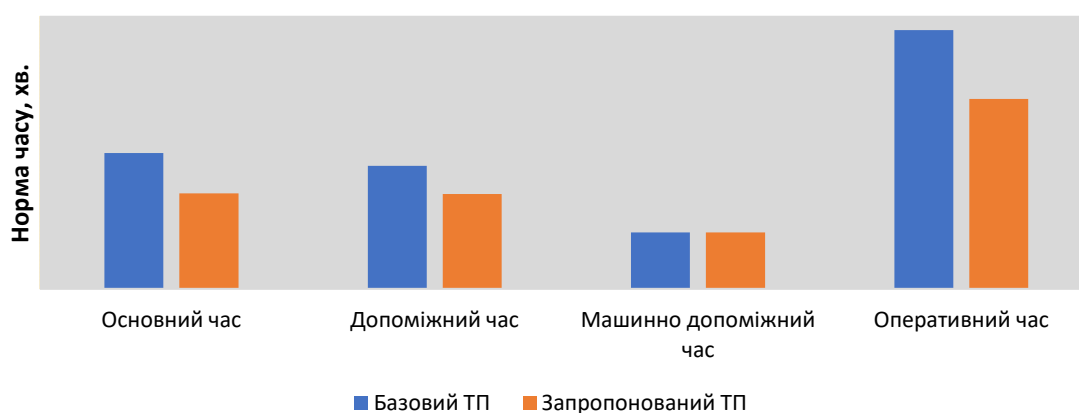


Рисунок 2.7 – Графік норм часу

2.3 Проектування та конструкторсько-технологічне забезпечення операцій механічного оброблення

2.3.1 Токарно-фрезерна з ЧПК операція

Під час проектування токарно-фрезерної з ЧПК операції слід звернути увагу на поверхні, які потребують оброблення (рис. 2,5). Для визначення черговості виконання переходів слід побудувати граф оброблення поверхонь (рис. 2.8).

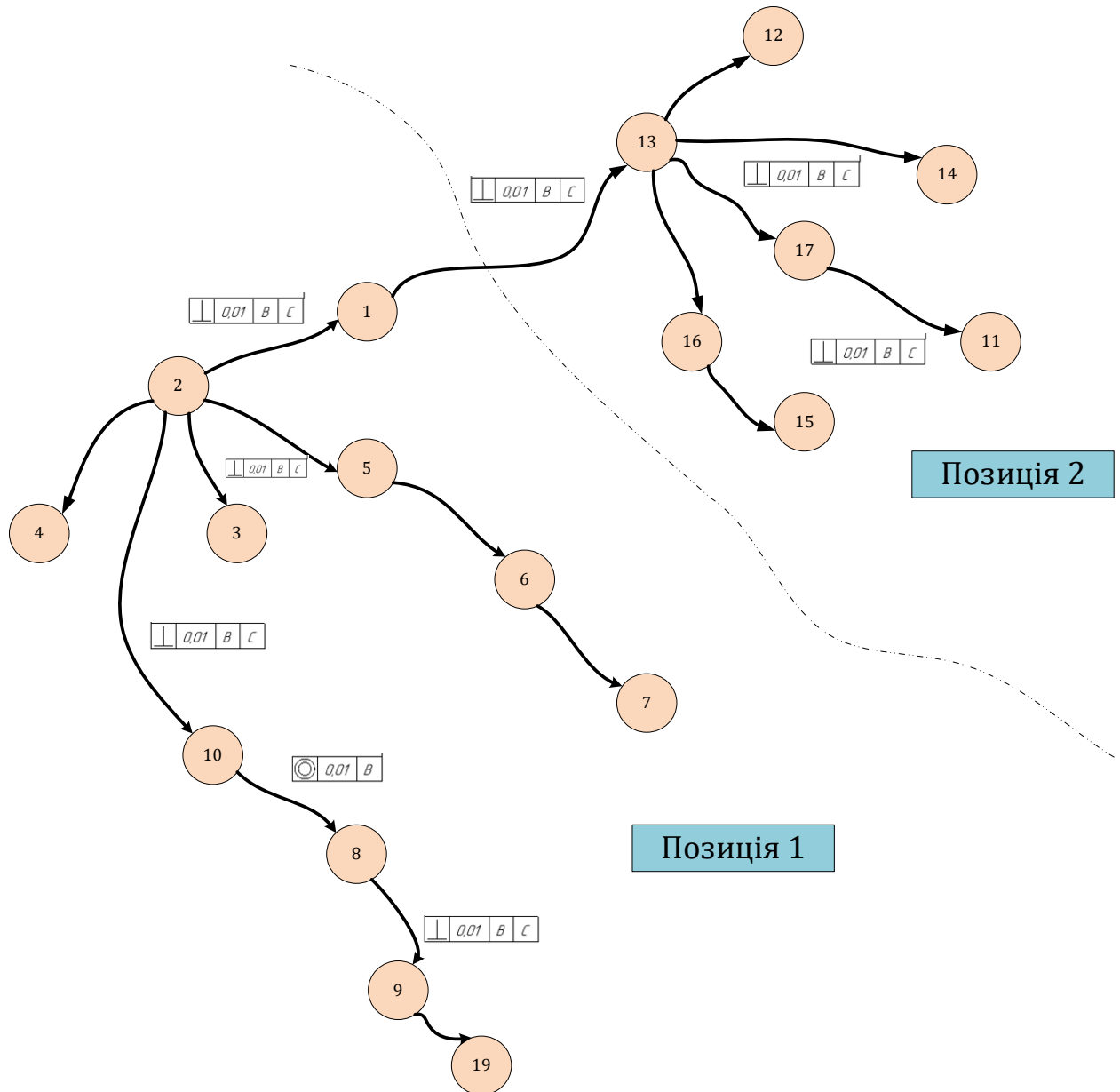


Рисунок 2.8 – Граф оброблення поверхонь

Структуру токарно-фрезерної з ЧПК з деталізацією до переходів наведено на рисунку 2.8. Для базування та закріплення заготовки застосовують

токарно-фрезерний Т 65М/1250 верстат оснащений віссю високої роздільної здатності та 12-позиційним пристроєм зміни інструменту з двонаправленим вибором інструменту для 12 приводних інструментів. Контроль параметрів після операції виконується за допомогою систем лазерно-телевізійного вимірювання.

Таблиця 2.5 – Деталізація переходів токарно-фрезерної з ЧПК операції

Позиція	Технологічний перехід	Різальний інструмент
1	Точіння торця 2	Різець
	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні 1	Різець
	Розточування внутрішньої конічної поверхні 5	Розточувальна головка
	Точіння торця 6	Різець
	Точіння канавки 7	Різець
	Оброблення фаски 4	Різець
	Свердління отвору 3	Фреза
	Оброблення ступінчастого отвору 8, 9, 10	Свердло-цеківка
	Фрезерування лисок 19	Фреза
2	Точіння торця 13	Різець
	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні 17	Різець
	Точіння торця 11	Різець
	Оброблення фаски 12	Різець
	Розточування внутрішньої конічної поверхні 16	Розточувальна головка
	Оброблення фаски 15	Різець
	Оброблення фаски 14	Різець

Деталь встановлюється в позицію 1, де закріплюється у трикулачковий патрон, де вона позбавлена п'яти ступенів свободи. На ній обробляються поверхні 1, 2, 4, 5, 6, 7,. Після цього проводиться заміна інструменту, на фрезу, та оброблюють поверхні 3, 8, 9, 10, 19. Після цього робот встановлює деталь у позицію 2, де вона позбавлена п'яти ступенів свободи, на якій оброблюються поверхні 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Операційні ескізи токарно-фрезерної з ЧПК операції наведені на рис. 2.9.

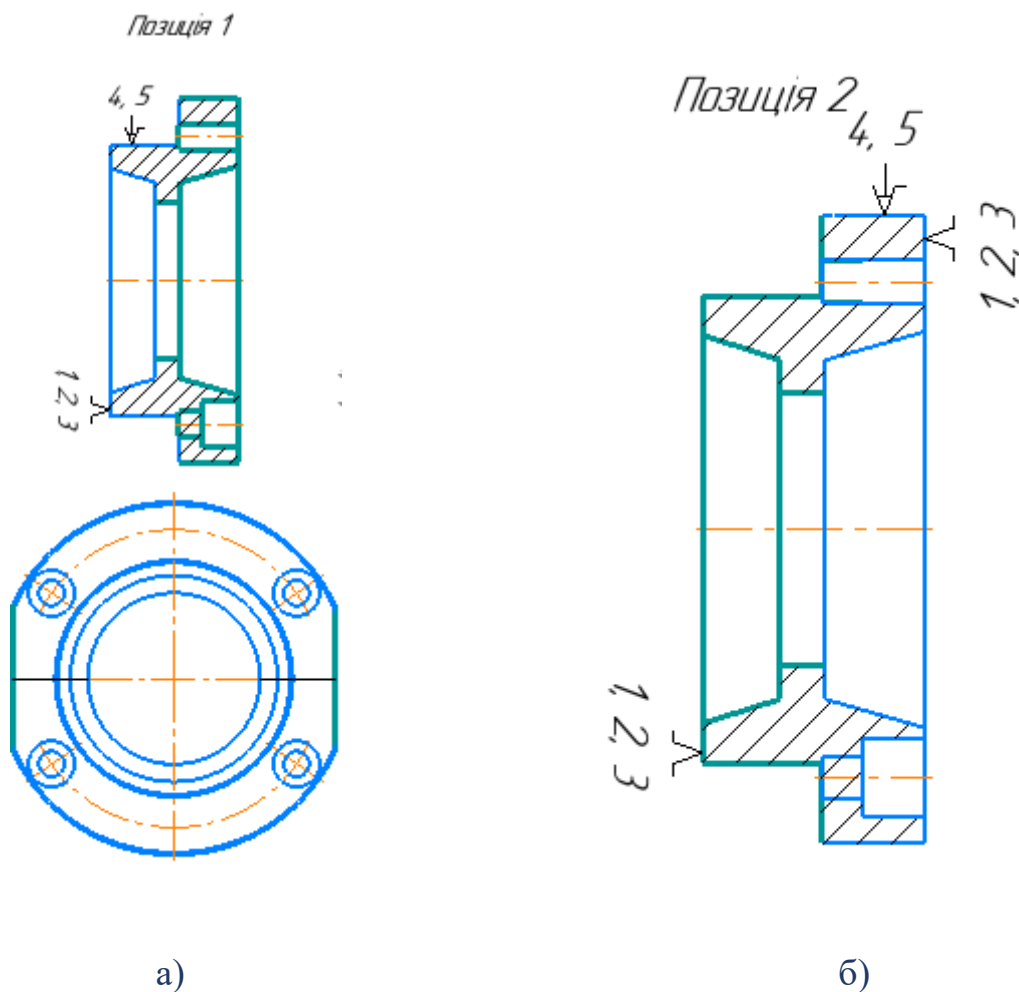


Рисунок 2.9 – Операційні ескізи токарно-фрезерної з ЧПК операції:
 а – позиція 1; б – позиція 2.

2.3.2 Електроерозіна операція

Під час проєктування електроерозійної операції слід звернути увагу на поверхні, які потребують оброблення (рис. 2,5).

Для базування та закріплення заготовки застосовують електроерозійний HF400MZQ верстат оснащений спецприбором. Контроль параметрів після операції виконується за допомогою систем лазерно-телевізійного вимірювання.

Таблиця 2.5 – Деталізація переходів електроерозійної операції

Позиція	Технологічний перехід	Різальний інструмент
1	Розрізання деталі навпіл з формуванням поверхні 18	Електроерозійний комплекс

Деталь встановлюється в позицію 1, де закріплюється в спеціальний пристрій, де вона позбавлена п'яти ступенів свободи. На ній обробляються поверхні 18. Операційні ескізи електроерозійної операції наведені на рис. 2.10.

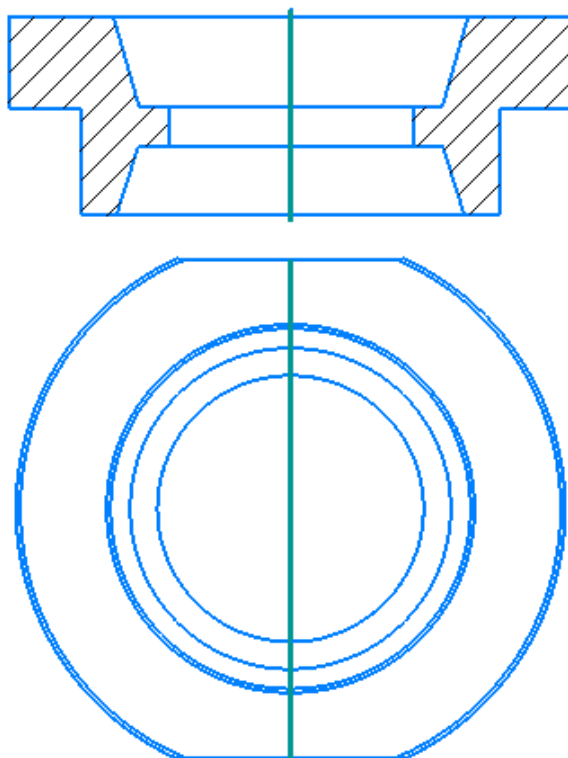


Рисунок 2.10 – Операційні ескізи електроерозійної операції

2.3.3 Плоскошліфувальна операція

Під час проектування плоскошліфувальної операції слід звернути увагу на поверхні, які потребують оброблення. Для базування та закріплення заготовки застосовують плоскошліфувальний ЗЕ711В верстат, оснащений магнітною плитою. Контроль параметрів після операції виконується за допомогою систем лазерно-телевізійного вимірювання.

Таблиця 2.5 – Деталізація переходів плоскошліфувальної операції

Установ	Технологічний перехід	Різальний інструмент
1	Оброблення торця 2	Шліфувальний круг
2	Оброблення торця 13	Шліфувальний круг

Деталь встановлюється в позицію 1, де закріплюється на магнітну плиту. На ній обробляються поверхні 2. Після цього робот встановлює деталь на установ 2, на якому обробляються поверхні 13. Операційні ескізи плоскошліфувальної операції наведені на рис. 2.11.

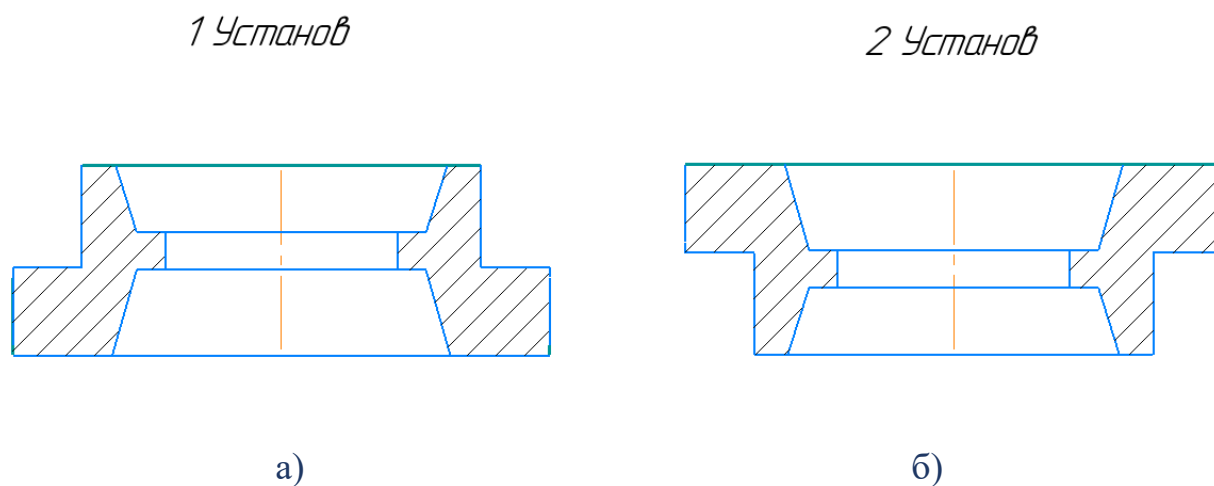


Рисунок 2.11 – Операційні ескізи плоскошліфувальної операції

а – установ А, б – установ Б

РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Обґрунтування необхідності та проектування структури роботизованої дільниці

Аналіз структури запропонованого технологічного процесу (рис. 3.1) показав, що є підстави для розроблення та проектування роботизованої дільниці. Зокрема, операції 010 Токарно-фрезерна з ЧПК, 015 Технічний контроль, 020 Електроерозійна, 035 Плоскошліфувальна можуть бути автоматизовані за рахунок розміщення їх як елементів роботизованої дільниці.

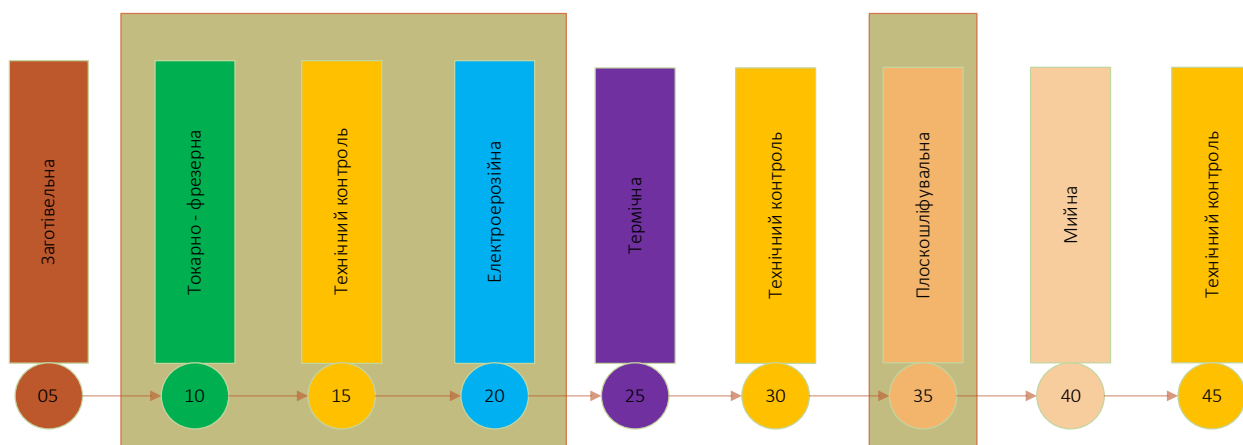


Рисунок 3.1 – Структура операцій технологічного процесу що виконується у роботизованій дільниці

Введення автоматизації на виробництві оптимізує процес виготовлення продукції шляхом скорочення часу на встановлення та перевірку якості деталей. Принципова схема роботизованої дільниці наведена на рисунку 3.2.

У роботизованій дільниці розташовані токарно-фрезерний верстат з ЧПК, плоскошліфувальний верстат та електроерозійний. Верстати поєднані конвеєрами, які переміщують заготовки деталей для подальшого оброблення. Під час транспортування заготовок деталей після операції 10 Токарно-фрезерна з ЧПК відбувається контроль 1, 2, 4, 5, 6, 7, 3, 8, 9, 10, 19, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 (операція 015 Технічний контроль) за рахунок використання безконтактного способу вимірювання. У центрі дільниці встановлений

промисловий робот, який завдяки своєму розташуванню, та розташуванню верстатів має доступ для кожного з них, що дозволяє йому встановлювати та знімати деталі під час усього технологічного процесу.

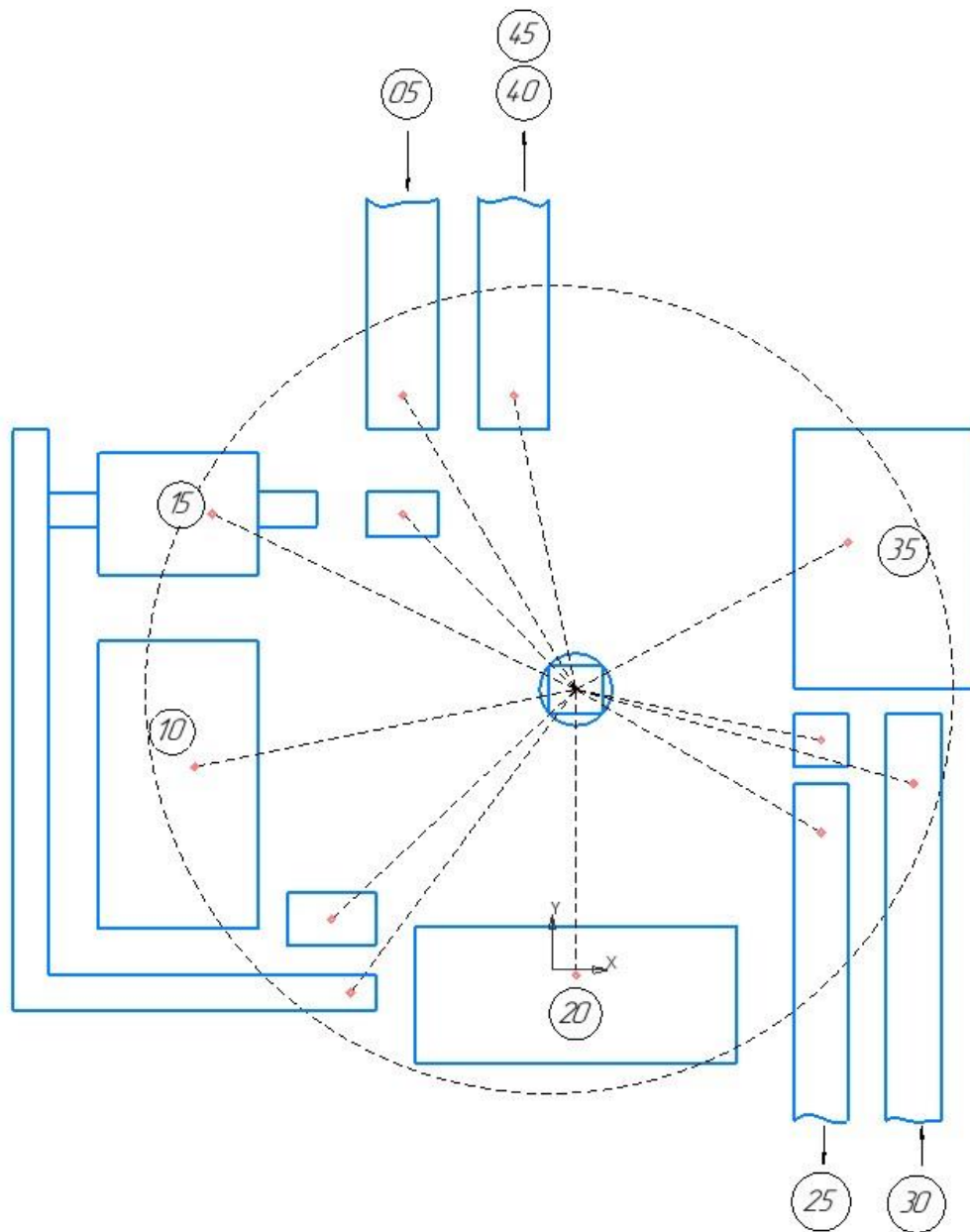


Рисунок 3.2 – Принципова схема роботизованої дільниці

3.2 Вибір технологічного забезпечення

Оскільки внесли зміни в технологічний процес, проаналізуємо можливі верстати для виготовлення деталей. Використовувати верстат базового технологічного процесу недоцільно, оскільки було скомпоновано токарні та фрезерні операції, і технічні можливості минулого верстата для нас не задовільні. Розглянемо токарно-фрезерний верстат з ЧПК Т 65 М/1250, та HAAS TL 1.

Токарний верстат з ЧПУ з віссю С високої роздільної здатності та 12-позиційним пристроєм зміни інструменту з двонаправленим вибором інструменту для 12 приводних інструментів та потужним серводвигуном потужністю 5,5 кВт для швидкості до 6000 об/хв. Час зміни інструменту складає 0,25 с. Міцна конструкція та продумана концепція пристрою зміни інструменту забезпечують максимально можливий термін служби інструменту та забезпечують високу швидкість різання та продуктивність подрібнення. Система приводу являє собою мотор-шпиндель потужністю 22/26 кВт з максимальним моментом, що крутить, 450 Нм. 6-рядний підшипник (2 дворядні циліндричні роликпідшипники і 2 радіально-упорні шарикопідшипники) головного шпинделя гарантує гарантований термін служби 80 000 годин роботи.

Порівняльний аналіз технічних характеристик металорізальних верстатів для токарно-фрезерної з ЧПК операції наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльний аналіз технічних характеристик верстатів

№ п/п	Характеристика верстата	Верстат моделі HAAS TL 1	Верстат моделі HAAS Mini Mill	Верстат моделі Т 65М/1250
1	Діаметр точіння	508 мм	800 x 200	370мм
2	Довжина точіння	1219 мм	500	1245мм
3	Діаметр отвору шпинделя	76 мм	160	80 мм

Продовження таблиці 3.1

4	Діаметр патрона	254 мм	-	370 мм
5	Оберти шпінделя	3000 об/хв	-	35 - 4000 об/хв
6	Потужність приводу	7,5 кВт	3	5,5 кВт
7	Габаритні розміри	2300x2000x1900	1360 x 1860 x 1730	3900x2131x1854
8	Вага верстата	3000 кг	1160	4000 кг

Отже обираємо токарно-фрезерний верстат з ЧПК Т 65М/1250, оскільки він задовольняє технічні особливості деталі.

Для електроерозійної операції аналізуємо дротово-вирізний верстат AgieCharmilles CUT 300 mS/Sp та дротовий електроерозійний верстат HF400MZQ

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз технічних характеристик верстатів.

№ п/п	Характеристика верстата	Верстат моделі AgieCharmilles CUT 300 mS/Sp	Верстат моделі HF400MZQ
1	Переміщення по X, Y, Z, мм	550 x 350 x 400	450ммX550мм
2	Макс. габарити заготовки, мм	320 x 315	450ммX550мм
3	Діаметри ріжучого дроту, мм	0.07 - 0.33	0.07 - 0.33
4	Макс. вага заготовки, кг	1500 кг	450 кг
5	Вага верстата, кг	3300	1800
6	Габаритні розміри	3900x2131x1854	1530ммX1584ммX1700

Отже, верстат моделі HF400MZQ задовольняє необхідні показники для запропонованого технологічного процесу.

Для плоско-шліфувальної агалізуємо плоско-шліфувальний верстат 3E711B та 3Л722А.

Деталь базується і закріплюється завдяки електромагнітній плиті на всіх 2-х установах.

В цілому деталь позбавлена 3-х ступенів свободи.

Таблиця 3.3– Порівняльний аналіз технічних характеристик верстатів.

№ п/п	Характеристика верстата	Верстат моделі 3Л722А	Верстат моделі 3Е711В
1	Розміри робочого столу(довжина х ширина), мм	300 х 600	630 х 200
2	Граничні розміри оброблюваної поверхні, мм	340	630 х 200
3	Гранична висота оброблюваної заготовки, мм	300	325
4	Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	340	220
5	Розміри стандартного шліфувального круга, мм	304	250 х 40 х 76
6	Потужність електродвигуна , кВт	6,2	4
7	Вага верстата, кг	1990	2,5

Отже, верстат моделі 3Е711В задовольняє необхідні показники для запропонованого технологічного процесу.

Для операції 15 Технічний контроль впроваджений контроль розмірів повеохонь автоматичним вимірювальним пристроєм 1, 2, 4, 5, 6, 7, 3, 8, 9, 10, 19, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 (показники точності вказані в табл. 2.2). Контроль проводиться в автоматичному режимі шляхом за допомогою систем лазерно-телевізійного вимірювання на рухомому конвеєрі транспортуючись до іншого верстата, без участі контролерів, що позитивно сприяє скороченню часу на виготовлення.

Автоматизація шляхом впровадження робота покращить показники при середньосерійному та крупносерійному виробництві шляхом ліквідації людського фактора, оптимізує час виготовлення продукції. А також скоротить економічні витрати на забезпечення оператора.

Проводиться аналіз роботів моделі FEEDBOT та HAAS ROBOT Package3.

Таблиця 3.3– Порівняльний аналіз технічних характеристик роботів.

№ п/п	Характеристика робота	Робот моделі HAAS ROBOT Package3	Робот моделі FEEDBOT D-300
1	Макс. розміри заготовки (мм)	201 x 135 x 10	350 x120 x 10
2	Маса заготовки (кг)	макс. 50	макс. 60
3	Габарити (мм)	2710x2260x2030	10020x8000x3400
4	Маса (кг)	1580	2230

Аналіз показав, що робот моделі FEEDBOT D-300 задовольняє необхідні показники для оптимізованого технічного процесу.

3.3 Оцінювання ефективності

Технологічною собівартістю називається сума витрат виробництва за тими статтями, за якими ці витрати відмінні для порівнювальних варіантів.

Частина витрат “а” на виробництво, що пов’язана зі здійсненням технологічного процесу прямо пропорційно розміру програмного завдання “N”, інша частина “в” від нього майже незалежна і залишається відносно постійною.

До витрат першої групи, що вираховуються на один виріб, відносяться витрати на основний матеріал, технологічне паливо і технологічну енергію S_M , сплата штучного часу основних робітників виробництва L_w , а також витрати на експлуатацію обладнання $S_{об}$ та інструменти S_H .

До витрат першої групи необхідно віднести сплату підготовчо-заклучного часу L_H і витрати на утримування оснащення $S_{ос}$.

Загальна формула розрахунку технологічної собівартості виробу має вигляд:

$$C = a \times N + \text{в} = (S_{\text{м}} + L_{\text{и}} + S_{\text{об}} + S_{\text{н}}) \times N + (L_{\text{н}} + S_{\text{ос}}), \quad (3.1),$$

$$C_2 = a \times N + \text{в} = (58,31 + 107,1 + 33,12 + 0,04) \times 23000 + (26,75 + 0,8) \\ = 4567131,4 \text{ грн}$$

$$C_1 = a \times N + \text{в} = (58,48 + 140,1 + 43,33 + 0,04) \times 23000 + (35,31 + 0,8) \\ = 5564878,25 \text{ грн}$$

де a – умовно - змінні витрати, грн;

N – програма виготовлення продукції, шт.;

в – умовно – постійні витрати, грн.

Витрати на основні матеріали, технологічне паливо і технологічну енергію $S_{\text{м}}$ визначають за формулою:

$$S_{\text{м}} = (S_{\text{м}} \times q_{\text{м}} - S_{\text{о}} \times q_{\text{о}}) + S_{\text{р}} \times q_{\text{р}} + S_{\text{е}} \times e, \quad (3.2)$$

$$S_{\text{м}2} = (95 \times 0,82 - 31,05 \times 0,69) + 50 \times 0,03 + 1,68 \times 0,2 = 58,31 \text{ грн}$$

$$S_{\text{м}1} = (95 \times 0,82 - 31,05 \times 0,69) + 50 \times 0,03 + 1,68 \times 0,3 = 58,48 \text{ грн}$$

де $S_{\text{м}}$ – вартість 1 кг матеріалу, 95 грн;

$q_{\text{м}}$ – маса матеріалу, яка витрачається на одну деталь, 0,82 кг;

$S_{\text{о}}$ – ціна 1 кг відходів, що реалізуються, 31,05;

$q_{\text{о}}$ – маса відходів, 0,69 кг;

$S_{\text{р}}$ – вартість 1 кг палива 50 грн;

$q_{\text{р}}$ – кількість палива, яка витрачається на одну деталь, 0,03 кг;

$S_{\text{е}}$ – вартість 1кВт-год енергії 1,68;

e – кількість технологічної енергії, яка витрачається на одну деталь 0,2/0,3 кВт-год.

Витрати на заробітну плату L_m визначають за формулою:

$$L_m = l_p \times t_u, \quad (3.3)$$

$$L_{m2} = 89,25 \times 1,2 = 107,1 \text{ грн}$$

$$L_{m1} = 89,25 \times 1,57 = 140,1 \text{ грн}$$

де l_p – основна та додаткова (з нарахуваннями) погодинна заробітна плата робітників складає 89,25 грн;

t_u – норма штучного часу, 1,2/1,57 нормо-год.

Витрати по експлуатації обладнання $S_{об}$ визначають за формулою:

$$S_{об} = S_{мч} \times t_u, \quad (3.4)$$

$$S_{об2} = 27,6 \times 1,2 = 33,12 \text{ грн}$$

$$S_{об1} = 27,6 \times 1,57 = 43,33 \text{ грн}$$

де $S_{мч}$ – собівартість 1 години роботи обладнання 27,6 грн.

Витрати на інструмент S_u визначаються за формулою:

$$S_u = S_u^u \times t_m, \quad (3.5)$$

$$S_{u2} = 0,22 \times 0,2 = 0,04$$

$$S_{u1} = 0,22 \times 0,2 = 0,04$$

де S_u^u – годинні витрати на використання інструменту;

t_m – норма машинного часу 0,2 хв;

$$S_u^u = (S_n + n_n S_p) / \tau, \quad (3.6)$$

$$S_{и2}^ч = \frac{0,2 + 8 \times 0,03}{2} = 0,22$$

$$S_{и1}^ч = \frac{0,2 + 8 \times 0,03}{2} = 0,22$$

де S_n – почасова вартість використання інструменту 0,20;

n_n – число повторного заточення інструменту до його повного зношення 8;

S_p – собівартість повторного заточення 0,03;

τ – строк служби інструменту 2 р.,

Витрати на оплату підготовчо-заключного часу визначають за формулою:

$$L_n = n \times l_n \times t_{n.3}, \quad (3.7)$$

$$L_{н2} = 1 \times 107 \times 0,25 = 26,75 \text{ грн}$$

$$L_{н1} = 1 \times 107 \times 0,33 = 35,31 \text{ грн}$$

де n - число переналагодження (1 партія);

l_n – основна і допоміжна (з нарахуваннями)годинна заробітна плата наладжувача 107 грн;

$t_{n.3}$ – норма підготовчо - заключного часу, 0,25/0,33 нормо-година.

5.3 Оцінка економічної ефективності розробленого технологічного процесу

Економічна ефективність розробленого технологічного процесу(E) визначається шляхом порівняння показників річної економії за витратами розробленого і порівняного (базового) технологічних процесів. Цей показник розраховується за формулою :

$$E = (C_1 - C_2) + E_n(K_1 - K_2), \quad (3.8)$$

$$E = (5563878,25 - 4567131,4) + 0,2(645250 - 473194,42) = 1031158 \text{ грн}$$

де C_1, C_2 – річна технологічна собівартість виготовлення виробів відповідно за базовими та розробленими технологічними процесами, грн.;

K_1, K_2 – одноразові (капітальні) витрати на базовий та розроблений технологічні процеси відповідно, 646250/473194,42 грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності (може бути прийнятий як 0,2).

При порівнянні декількох варіантів одного й тож технологічного процесу, найбільш ефективним може бути прийнятий той, сума приведених витрат ($Z_{np.}$) у якого буде мінімальною, тобто

$$Z_{np} = C_i + E_n \times K_i \longrightarrow \min. \quad (3.9)$$

$$Z_{np1} = 5563878,25 + 0,2 \times 645250 = 5692928,25 \text{ грн}$$

$$Z_{np2} = 4567131,4 + 0,2 \times 473194,42 = 4661770,28$$

За результатами порівняння декількох варіантів технологічного процесу встановлюється величина критичної програми випуску продукції, при цьому порівнювальні варіанти є економічно рівноцінними. Для цього рекомендується скористатися такою формулою:

$$N_{kp} = \frac{b_2 - b_1}{a_1 - a_2}, \quad (3.10)$$

$$N_{kp} = \frac{b_2 - b_1}{a_1 - a_2}$$

Графічна інтерпретація порівняння двох варіантів технологічного процесу наведена на рис.5.1.

У якості наочного (презентаційного) матеріалу рекомендується навести таблицю «Техніко-економічні показники ТП» (табл. 5.4) та графік розрахунку критичної програми (рис. 5.1).

Таблиця.3.4- Техніко-економічні показники ТП

Показник	Базовий ТП	ТП, що розроблюється	Порівняльний результат
Трудоємність виготовлення, нормо-год	3,3	2,42	0,88
Технологічна собівартість грн.	5564878,25	4567131,4	997746,85
Капітальні вкладення, грн.	646250	473194,42	173055,58
Обладнання, шт.	5	3	2
Площа виробництва, m^2	129,6	115,4	14,2
Річна економія, грн.	-	1031158	1031158

Ілюстративного матеріалу до економічної частини дипломного проекту

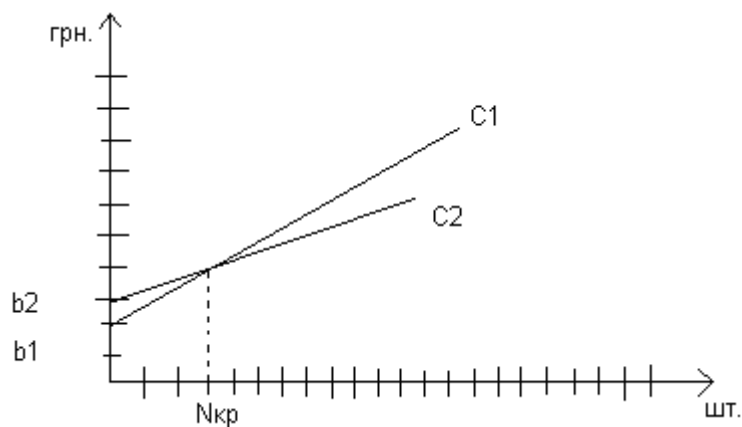


Рис.3.3– Графік розрахунку критичної програми

Таким чином, дані розрахунки надають можливість зробити висновок щодо економічної ефективності технологічного процесу.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті були виконані такі види робіт:

1. Запропоновано та розроблено новий ТП виготовлення деталі Вкладка, який дозволяє оптимізувати робочий процес.
2. Запропоновано принципову схему роботизованої ділянки, що складається з токарно-фрезерного з ЧПК, плоскошліфувального та електроерозійного верстатів, а також робота, що дозволяє механічне оброблення деталі “Вложка”.
3. Обґрунтовано та обрано технологічне забезпечення роботизованої ділянки, а саме робота FEEDBOT D-300, та автоматизованих вимірювальних пристроїв.
4. Розраховано собівартість технологічного процесу і доведено, що запропонований ТП є більш ефективним для заданих виробничих умов на 45%.
5. Розрахована необхідна норма освітлення для роботизованої ділянки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Прикладне матеріалознавство : підручник / О.В.Сушко, Е.К.Посвятенко, С.І.Лодяков та ін. – Мелітополь: ТОВ «Forward press», 2019. – 352 с.
2. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, А.Д. Дулеба та ін. – К. : НТУ, 2017. – 212 с.
3. Зварювання плавленням : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, О.П. Левківський, Б.В. Шапошніков та ін. – К. : НТУ, 2016. – 180 с.
4. Триботехнічні характеристики мастильних матеріалів в умовах експлуатації машин і механізмів: монографія / М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, О.А. Міланенко та ін. – К. : НТУ, 2016. – 124 с.
5. Контактне зварювання в автомобілебудуванні : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, В.Г. Кошелев та ін. – К. : НТУ, 2015. – 168 с.
6. Автомобілебудування. Матеріали та технологія виготовлення деталей : навч. посіб. / М.Ф. Дмитриченко, В.Г. Кошелев та ін. – К. : НТУ, 2014. – 224 с.
7. Основи процесів різання металів та металообробні верстати : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, В.М. Ткачук, А.М. Савчук та ін. – К. : НТУ, 2014. – 252 с.
8. Фізико-хімічні основи металургії : навч. підруч. для студ. вищ. техн. закл. / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, О.І. Богданова та ін. – К. : НТУ, 2012. – 504 с.
9. Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М.

Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

10. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування : навч. посібник / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – 421 с

11. Райхельсон В. А. Обробка різанням сталей, жароміцних і титанових сплавів з урахуванням їх фізико-механічних властивостей / В. А. Райхельсон., 2018. – 508 с

12. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування / С. Г. Бондаренко. – Київ: Магнолія 2006, 2021. – 500 с.

13. Методичні рекомендації щодо виконання дипломного проекту спеціаліста для студентів всіх форм навчання. - К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 56 с.

14. Методичні вказівки до дипломного проектування бакалаврів за напрямом «Інженерна механіка» для подальшої спеціальності «Технологія машинобудування» / під ред. Петракова Ю.В., - К.:КПІ, 2010.

15. Характеристика матеріалу 4X5МФС [Електронний ресурс] // Марочник сталей та сплавів. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=286.

16. Engineering [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/journal/engineering>

17. Managing Engagement in Times of Change. // Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. – 2021. – №11. – С. 98–130.

18. Фізичні методи вивчення властивостей матеріалів : підручник / Е.К.Посвятенко, Р.В.Будяк, О.В.Мельник та ін. – К. : НТУ, 2019. – 176 с.

19. Методичні вказівки до дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / Укладачі: Л. Ф. Головка, О. Д. Кагляк, Л. М. Олещук, О. П. Полешко К.: НТУУ «КПІ» 2011. - 43 с.

20. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування»/Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.

21. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2022. – 42 с.

22. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. Суми : Університетська книга, 2011. - 557 с.

23. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» / Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 201 с.