

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри
машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
20 червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Розробка технології обробки деталі зубчатка

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-З
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олександр ЦИЛЬЯ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віталій МАЖАРА

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег БЕВЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Цильї Олександрю Миколайовичу

Тема роботи:

Розробка технології обробки деталі зубчатка

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Віталій МАЖАРА

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 199-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка високоефективної технології виготовлення деталі «зубчатка», що базується на впровадженні прогресивного обладнання та оригінальних конструкцій затискних і контрольних пристроїв, для підвищення якості виробу та зниження витрат на його виробництво.

Завдання: розробити технологічний процес виготовлення деталі зубчатка; виконати розробку структури та змісту технологічних операцій; провести розрахунки припусків, режимів різання та виконати технічне нормування операцій механічної обробки; розробити конструкцію контрольного пристрою.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної літератури по тематиці роботи	19.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	29.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	20.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	30.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2026 р.	
6	Перевірка роботи на академічний плагіат	05.06.2026 р.	
7	Рецензування роботи	08.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ЦИЛЬЯ

Керівник роботи _____ Віталій МАЖАРА

АНОТАЦІЯ

Циля О.М. Розробка технології обробки деталі зубчатка : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В.А. Мажара. Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 57 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка високоефективної технології виготовлення деталі «зубчатка», що базується на впровадженні прогресивного обладнання та оригінальних конструкцій затискних і контрольних пристроїв, для підвищення якості виробу та зниження витрат на його виробництво.

Актуальність роботи. Необхідність впровадження новітніх технологій у процес обробки зубчастих коліс зумовлена постійним зростанням вимог до експлуатаційних характеристик передач. Саме тому розробка та впровадження інноваційних технологічних процесів, що базуються на використанні багатокоординатного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), стає стратегічним пріоритетом для сучасного виробництва.

В роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі зубчатка. Було виконано розробку структури та змісту технологічних операцій, проведені розрахунки припусків, режимів різання та виконано технічне нормування операцій механічної обробки. Спроековано конструкцію контрольного пристрою.

зубчатка, технологічний процес, схема базування, режими різання, контрольний пристрій

ANNOTATION

Oleksandr TSYLIA. Development of gear part processing technology. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Vitalii MAZHARA. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026. 57 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The aim of this work is to develop a highly efficient manufacturing technology for the “gear” component, based on the implementation of advanced equipment and original designs for clamping and inspection devices, in order to improve product quality and reduce production costs.

Relevance of the work. The need to introduce the latest technologies into the gear machining process is driven by the constant growth in requirements for the operational characteristics of gearboxes. That is why the development and implementation of innovative technological processes based on the use of multi-axis CNC equipment is becoming a strategic priority for modern manufacturing.

This paper describes a manufacturing process for producing a gear component. The structure and content of the manufacturing operations were developed, calculations for allowances and cutting parameters were performed, and technical standards for the machining operations were established. A design for an inspection device was developed.

gear, manufacturing process, setup diagram, cutting parameters, inspection device

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

Розробка технології обробки деталі зубчатка

КРБ.ПМ.26.88.23.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-3
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олександр ЦИЛЬЯ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віталій МАЖАРА

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Загальна частина	9
1.1 Службове призначення і характеристика деталі	9
1.2 Аналіз технічних вимог до деталі	11
2. Технологічна частина	12
2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі	12
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	14
2.3 Технологічна переробка робочого креслення деталі	15
2.4 Вибір методу отримання заготовки	16
2.5 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталі	17
2.6 Багатоваріантне проєтування маршрутних технологічних процесів механічної обробки деталі зубчатка на верстатах з ЧПК	21
2.7 Вибір технологічних баз	23
2.8 Розробка структури та змісту технологічних операцій на верстатах з ЧПК	23
2.9 Вибір металорізального обладнання	29
2.10 Вибір технологічного оснащення	30
2.11 Розрахунок припусків на обробку поверхонь деталі	34
2.12 Розробка траєкторії рухів інструментів та розрахунок координат опорних точок	36
2.13 Визначення режимів різання	38
2.14 Технічне нормування операцій	47
2.15 Розробка програм керування	49
3. Конструкторська частина	51
3.1 Розробка конструкції контрольного пристрою	51
Висновки	53
Список використаних джерел	54

ВСТУП

Дану кваліфікаційну роботу виконано у відповідності до рекомендацій, що наведені в методичних вказівках [3,4].

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку машинобудівного комплексу характеризується стрімким переходом до інтелектуального виробництва, що базується на принципах концепції Industry 4.0. У центрі цього процесу знаходиться завдання підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції шляхом радикального поліпшення її якісних показників при одночасному зниженні собівартості. Однією з найбільш відповідальних та поширених деталей у механічних вузлах сучасної техніки є зубчасті колеса. Вони є ключовим елементом трансмісійних механізмів, редукторів та приводів, від точності виготовлення якої залежить надійність, довговічність, рівень шуму та енергоефективність усієї машини.

Необхідність впровадження новітніх технологій у процес обробки зубчастих коліс зумовлена постійним зростанням вимог до експлуатаційних характеристик передач. Традиційні методи обробки часто не дозволяють досягти необхідної точності за параметрами евольвентного профілю та кроку зубців без суттєвого збільшення кількості технологічних переходів. Саме тому розробка та впровадження інноваційних технологічних процесів, що базуються на використанні багатокоординатного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), стає стратегічним пріоритетом для сучасного виробництва.

Застосування високоефективних оброблювальних центрів дозволяє реалізувати принцип концентрації операцій, що мінімізує похибки, пов'язані з перевстановленням деталі. Використання швидкісного фрезерування та шліфування зубців на верстатах нового покоління забезпечує не лише високу геометричну точність, а й оптимальний стан поверхневого шару металу, що критично важливо для деталей, які працюють в умовах інтенсивного

контактного навантаження. Проте впровадження такого обладнання вимагає докорінного перегляду підходів до проектування технологічного оснащення.

Не менш важливим аспектом є розробка нових контрольних пристроїв для забезпечення якості на всіх етапах виробництва. Перехід від пасивного контролю після виконання операції до активного контролю безпосередньо в процесі обробки дозволяє оперативно коригувати режими різання та положення інструменту. Використання лазерних сканерів, контактних датчиків та координатно-вимірювальних систем дає можливість отримувати повну цифрову модель виготовленої деталі та порівнювати її з еталонною CAD-моделлю в реальному часі. Це дозволяє практично повністю виключити появу браку, пов'язаного з геометричними відхиленнями зубчастого вінця.

Практична цінність. Робота спрямована на вирішення актуальної науково-технічної задачі – створення комплексної технології, яка поєднує в собі переваги сучасного верстатного парку та інноваційного оснащення. Розробка нових конструкцій пристроїв дозволить не тільки підвищити продуктивність обробки, а й значно розширити технологічні можливості підприємства щодо виготовлення деталей такого класу.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки деталі «зубчатка» з використанням передових технологічних рішень.

Предмет дослідження – технологічні режими, конструкція контрольного пристрою, а також алгоритми їх взаємодії з сучасним обладнанням для досягнення заданої точності та якості поверхні.

Мета роботи – розробка високоефективної технології виготовлення деталі «зубчатка», що базується на впровадженні прогресивного обладнання та оригінальних конструкцій затискних і контрольних пристроїв, для підвищення якості виробу та зниження витрат на його виробництво.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика деталі

Деталь – зубчатка СУЛ 103В входить до складу висіваючого апарату сівалки УПС – 12.

Сівалка УПС–12 (12 рядна) призначена для точного висіву каліброваного, фуражированого і звичайного насіння цукрового та кормового буряка, кукурудзи, соняшника, кормових бобів та квасолі.



Рисунок 1.1 – Сівалка УПС–12

Деталь зубчатка СУЛ 103В має 36 зубців, вона встановлюється на вал, який стримує рух від колеса сівалки. Слугує зубчатка для передачі обертання на висіваючий апарат сівалки УПС 12, через ланцюгову передачу.



Рисунок 1.2 – Висіваючий апарат сівалки УПС–12

Зубчатка встановлюється на шпильку першого валу по поверхні $\varnothing 35F9$, та фіксується і передає крутний момент через спеціально передбачені виступи на цапфі деталі.

Зубчатка має вінець на 36 зубців, чотири спиці та чотири технологічні отвори між ними, які призначені для зменшення ваги деталі та металоємкості. Цапфа зубчатки має отвір для посадки її на вал та виступи для фіксації.

На функціональні можливості деталі найбільший вплив мають посадочні поверхні, а саме отвір $\varnothing 35F9$ та виступи на цапфі, а також зубчатий вінець – точність виготовлених зубців та їх відповідне розміщення. Саме до цих поверхонь проявлені найвищі вимоги по точності та жорсткості, але висування таких вимог, призначення є доцільним і обґрунтованим, оскільки безпосередньо впливає на працездатність деталі [5-9].

1.2 Аналіз технічних вимог до деталі

До деталі зубчатка СУЛ 103В пред'явлено 8 технічних вимог. Усі вони сформульовані вірно і є доцільними, зважаючи на умови праці даної деталі. Формулювання технічних вимог є однозначним і представлено в конкретній формі.

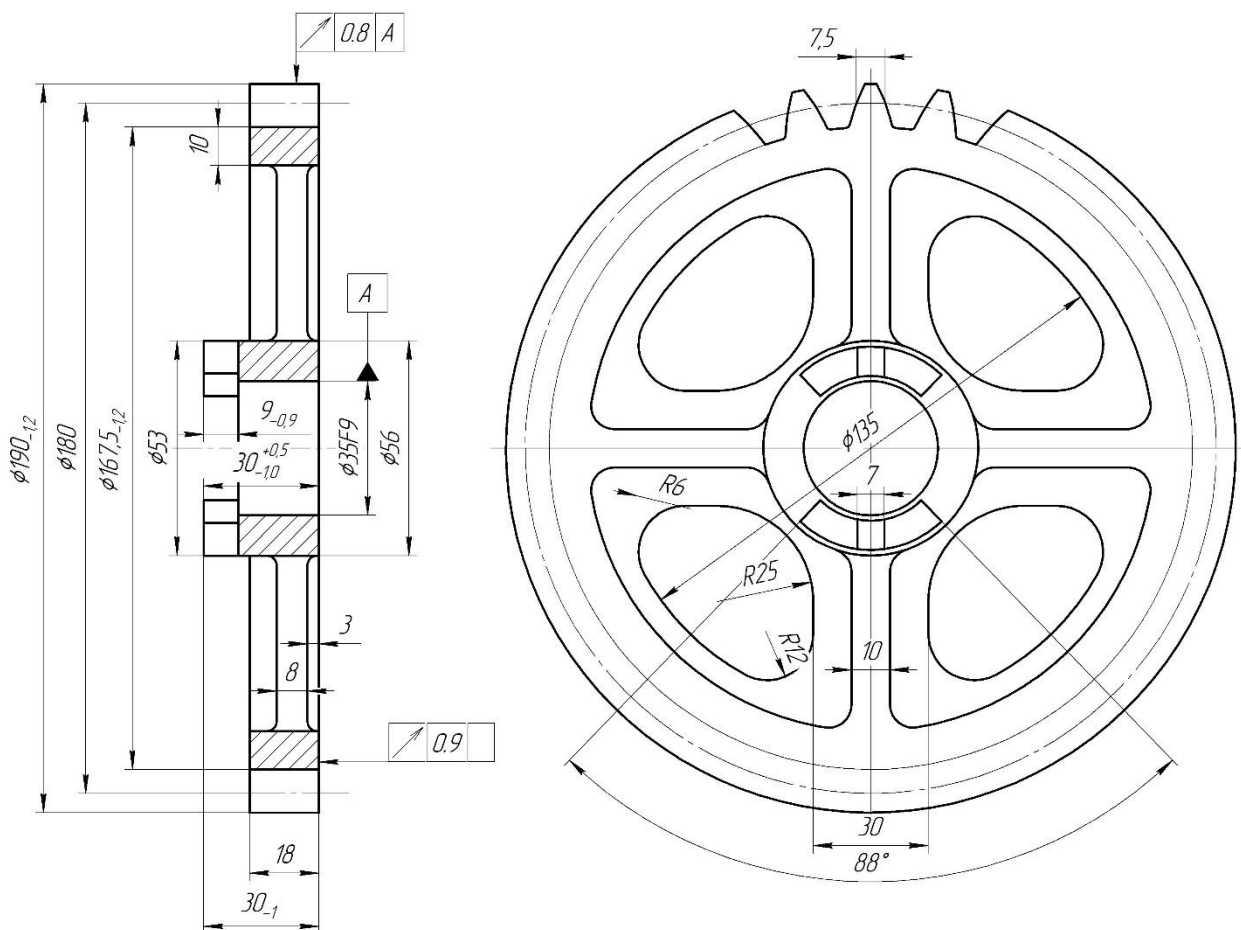


Рисунок 1.3 – Деталь зубчатка СУЛ 103В

Оскільки дана деталь відноситься до типу дисків то лінійних розмірів не так багато, і проставлені вони комбінованим методом.

На кресленні деталі зубчатка, мають місце позначення квалітетів точності на окремі поверхні та позначення жорсткості які не відповідають діючим стандартам. У подальшому ми переведемо дані позначення в межі діючих стандартів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності та технологічності конструкції деталі

Деталь зубчатка СУЛ 103В відповідно до технічних вимог виготовляється з сірого чавуну марки СЧ 18-36.

Підвищені вимоги щодо точності і жорсткості пред'являються до внутрішнього отвору цапфи $\varnothing 35F9$, який є посадочним місцем деталі на вал, та пазу $7^{+0,15}$ який слугує для передачі крутного моменту.

Ще одним елементом зубчатки, який впливає на робочі характеристики деталі є зубчатий вінець, на нього поставлено вимогу радіального биття $0,8$ мм відносно внутрішньої поверхні цапфи. На торець зубчатки також є вимога торцевого биття відносно внутрішньої поверхні цапфи не більше $0,9$ мм.

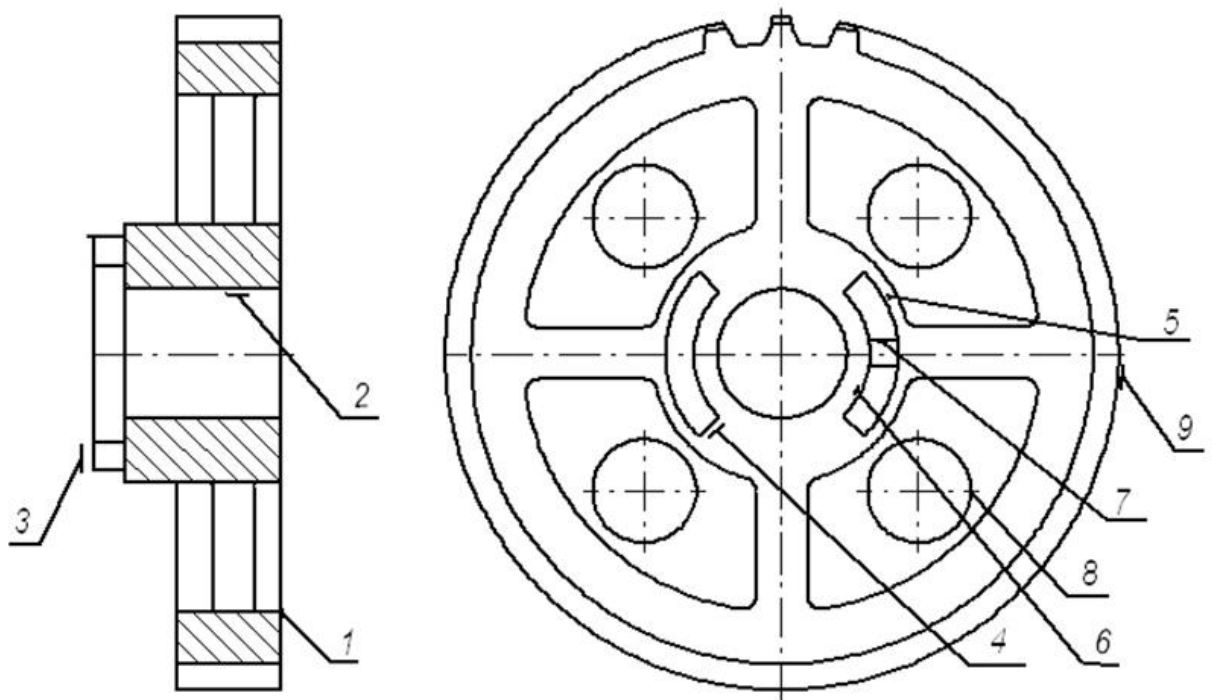


Рисунок 2.1 – Оброблювані поверхні зубчатки СУЛ 103В

З метою систематизації параметрів точності оброблюваних поверхонь, зводимо їх до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики точності зубчатки СУЛ 103В

№ поверхні	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Параметр		Шорсткість поверхні, Ra
				Відносних поворотів	Форми	
1	Торець зубчатки	18 ⁺¹	H14	↑ 0.9 Б	----	6,3
2	Внутрішня циліндрична	Ø35 ^{+0,087} _{+0,025}	F9	-----	----	3,2
3	Торець	30 ⁻¹	H14	-----	----	6,3
4	Торець вилки	88 ₋₃	-	-----	----	6,3
5	Зовнішня поверхня вилки	Ø53	H14	-----	----	6,3
6	Внутрішня поверхня вилки	Ø36 ⁺¹	H14	-----	----	6,3
7	Паз	7 ^{+0,15}	H12	-----	----	6,3
8	отвори	Ø36 ^{+0,25}	H12	-----	----	6,3
9	Зубчатий вінець	Ø190 _{-0,2} 75 ^{-0,15} _{-0,85}	-	↑ 0.8 Б	--	6,3

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь зубчатка відноситься до деталей типу диски. Важкодоступних діляниць для механічної обробки деталь не має.

До елементів не технологічності слід віднести наявність на торці цапфи вилки. Але в цілому деталь технологічна і її обробку можливо вести стандартним ріжучим інструментом.

На першій операції оброблюється торець деталі який у подальшому буде використано в якості опорної бази при обробці усіх інших поверхонь деталі. Саме завдяки тому що конфігурація деталі дозволяє вести обробку за одну установку, використання верстату з ЧПК в даному випадку є найбільш раціональним.

З проведеного аналізу креслення деталі можна зробити висновок, що простановка розмірів на кресленні виконана вірно, технологічних вимог задано достатньо. Класи жорсткості та допуски обумовлені службовим призначенням зубчатки є технологічно досягаємими.

Вимоги до взаємного розміщення поверхонь знаходяться в межах встановлених квалітетів. Задані на креслення розмірі можливо виміряти за допомогою стандартного вимірювального інструменту.

Вважаємо, що деталь зубчатка СУЛ 103В цілком відповідає вимогам, що пред'являються до деталей, які оброблюються на верстатах з ЧПК, та її конструкцію признаємо технологічною.

2.3 Технологічна переробка робочого креслення деталі

Обробка деталі на верстатах з ЧПК виконується по командам, які визначені координатами опорних точок і розташовані на шляху різального інструменту в прямокутній системі координат. Таким чином на операційному ескізі розміри поверхонь також повинні визначатися в прямокутній системі координат. Для цього необхідно визначити початок та напрямок осей координат, які повинні співпадати з напрямком осей системи координат верстату.

З метою перетворення інформації про геометричне розташування поверхонь, в інформацію, яка керує переміщення робочих органів верстату, необхідно перерахувати розміри на робочому кресленні деталі, задані в відносній системі координат, на розміри в абсолютній системі координат верстату.

Для цього визначимо нульову точку на деталі, і від неї, як від нового початку координат, перераховуємо координати всіх поверхонь деталі. Дані перерахунку представлені на новому, переробленому кресленні деталі, яке представлено в графічній частині даної роботи.

2.4 Вибір методу отримання заготовки

2.4.1 Обґрунтування вибору матеріалу деталі

Основними факторами, що впливають на вибір матеріалу деталі є її службове призначення та конструктивна форма деталі.

Зубчатка СУЛ 103В виготовляється з сірого чавуну СЧ 18-36 ДСТУ 1412-70.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад та властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад речовини , %					Механічні властивості		
	C	Si	Mn	S	P	δ_u	δ_{-1}	HB
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СЧ18-36	3,4- 3,6	1,9- 2,3	0,5- 0,7	0,15	0,2	176	70	170- 241

2.4.2 Обґрунтування вибору методу отримання заготовки

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, типом виробництва а також економічністю.

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати усі вищеназвані дані, так як між ними існує тісний взаємозв'язок.

Враховуючи матеріали деталі та її конфігурацію, заготовкою для зубчатки СУЛ 103В буде відливка.

Виливка виготовляється при відливання в піщаній (земляній) форми з машинною формовкою. Машинна формовка дозволяє зберігати продуктивність ливарного процесу та якість відливки. Застосування стержнів при виготовленні відливки дозволяє формувати внутрішні поверхні виливка. Відливання в земляні форми при машинній формовці має високий коефіцієнт використання матеріалу, бо заготовки по формі максимально наближені до деталі.

Остаточно приймаємо в якості заготовки для зубчатки відливку з сірого чавуну марки СЧ 18-36 за ДСТУ 1412-70.

2.5 Вибір вірогідних методів та маршрутів обробки поверхонь деталі

Вирішення питань розробки технологічного процесу потребує виконання ряду обґрунтовувань. Одним з найважливіших питань, є вибір методів обробки окремих поверхонь деталі. Такий пошук виконується з урахуванням необхідних точносних характеристик оброблювальних деталей, вибраного методу отримання заготовки, та використання рекомендованих маршрутів обробки типових деталей та їх поверхонь. При цьому враховується сучасний стан металообробки, включаючи існуючі верстати, інструменти та пристрої.

Вирішення поставленої задачі виконується в наступній послідовності.

Розраховують по кожній оброблюваній поверхні величину необхідного загального уточнення за формулою:

$$\varepsilon_z = \frac{\delta_z}{\delta_o}, \quad (2.1)$$

де δ_3 ; δ_∂ – відносно допуск на розмір заготовки та деталі по заданій поверхні;

Вибирають маршрут обробки поверхні з визначенням уточнення по кожному переходу за формулою:

$$E_i = \delta_{i-1} / \delta_i \quad (2.2)$$

де δ_{i-1} δ_i відповідно допуск на розмір поверхні для попереднього та послідуєчих переходів.

Визначають загальне дійсне уточнення розміру поверхні:

$$E_\partial = E_1 * E_2 * E_3 * E_4 \dots E_M \quad (2.3)$$

де M – число переходів обробки поверхні деталі.

Виконується перевірка доцільності вибору того чи іншого маршруту обробки за залежністю:

$$E_\partial \geq E_3; \quad (2.4)$$

Перевагу віддаємо тому варіанту, який при відповідності нерівності, ближче відповідає рівності:

$$E_\partial = E_3; \quad (2.5)$$

В якості прикладу наведемо вибір маршруту обробки найбільш точної поверхні $\varnothing 35F9$.

1-й маршрут:

Зенкерування однократне – H11 – Ra = 6,3;

Розгортання – F9 – Ra = 3,2;

2-й маршрут:

Розсвердлювання – H12 – Ra = 12,5;

Зенкерування – H10 – Ra = 6,3;

Розгортання – F9 – Ra = 3,2.

Необхідне загальне уточнення за формулою (2.1):

$$E_3 = 1,2 / 0,062 = 19,35;$$

Визначаємо уточнення по кожному з переходів.

$$E_1^1 = \frac{1,2}{0,160} = 7,5$$

$$E_1^1 = \frac{1,2}{0,25} = 4,8$$

$$E_2^1 = \frac{0,16}{0,062} = 2,58$$

$$E_2^2 = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$$

$$E_1^2 = \frac{0,1}{0,062} = 1,6$$

Визначаємо загальне дійсне уточнення за формулою (2.3):

$$E_{д1} = 7,5 \times 2,58 = 19,35;$$

$$E_{д2} = 4,8 \times 2,5 \times 1,6 = 19,2.$$

Таким чином більш прийнятним є маршрут по першому варіанту, оскільки він містить меншу кількість переходів і $E_{д1}$ більш наближено E_3 .

Вибір маршрутів обробки інших поверхонь наведений в таблиці 2.3.

Номери поверхонь приведені на рис. 2.1.

Номер та найменування поверхні	Допуск на розмір заготовки	Допуск на розмір деталі	Загальне уточнення	Вірогідні маршрути обробки		технологічні допуски на обробку	розрахункові уточнення	Фактичне розрахункове уточнення	№ маршруту
				№	Зміст маршруту				
1. Торець зубчатки	1,2	1	1,2	1	Точіння одноразове	1	1,2	1,2	1
2. Внутрішня циліндрична	1,2	0,062	19,35	1	Зенкерування однократне розгортання	0,16 0,062	7,5 2,58	19,35	1
				2	Розсвердлювання зенкерування розгортання	0,25 0,1 0,062	4,8 2,5 1,6	19,2	1
3 Торець	1,2	1	1,2		Фрезерування одноразове	1	1,2	1,2	1
4 Торець вилки	1,2	3	---	1	Фрезерування одноразове	3 ⁰	----	----	1
5 Зовнішня поверхня	,12	0,74	1,62	1	Фрезерування одноразове	0,71	1,62	1,62	1
6. Внутрішня поверхня вилки	1,2	1	1,2	1	Фрезерування одноразове	1	1,2	1,2	1
7 Паз	----	0,15	----	1	Фрезерування одноразове	0,15	----	---	1
8 Отвори	1,2	1,25	4,8	1	Зенкерування отворів	0,25	4,8	4,8	1
9 Зубчатий вінець	1,2	0,7	1,7	1	Фрезерування зубців	0,7	1,7	1,7	1

2.6 Багатоваріантне проєстування маршрутних технологічних процесів механічної обробки деталі зубчатка на верстатах з ЧПК

Багатоваріантність розробки послідовності обробки деталей, дає можливість проаналізувати маршрут обробки конкретної деталі і визначити оптимальний.

Деталь зубчатка СУЛ 103В можливо обробити за різними маршрутами і на різному обладнанні. В даному проєкті приведено декілька найбільш прийнятних маршрутів і визначаємося з оптимальним.

Варіант 1

005 Токарно-гвинторізна

Верстат – токарно-гвинторізний 1К62

Підрізка торця

010 Вертикально-свердлувальна

Верстат – вертикально-свердлувальний 2Н135

Зенкерування отвору

015 Вертикально- свердлувальна

Верстат – вертикально-свердлувальний 2Н135

Розгортання центрального отвору

020 Вертикально-свердлувальна

Верстат – вертикально-свердлувальний 2Н135

Зенкерування чотирьох отвору

025 Вертикально- фрезерна

Верстат – вертикально- фрезерний 6Р82Г

Обробка виливки

030 Зубофрезерна

Верстат зубофрезерний 5230

Обробка зубців

035 Контрольна

Варіант 2

005 Токарно-гвинторізна

Верстат – токарно-гвинторізний 16К20

Підрізка торця

010 Фрезерна з ЧПК

Верстат – вертикально- фрезерний 6Р13РФЗ

Обробка усіх отворів і виливки

015 Зубофрезерна

Верстат зубофрезерний 5230

Обробка зубців

020 Контрольна

Наведені маршрути різняться тим, що в першому варіанті обробка даної деталі ведеться на універсальному обладнанні робітниками високої кваліфікації. В другому варіанті вертикально-свердлильні та фрезерні верстати замінено на фрезерний верстат з ЧПК. Оскільки, рівень автоматизації таких верстатів вищий, то кваліфікація робітників, відповідно, нижча [15-29].

Використання верстату з ЧПК, в другому варіанті дозволяє скоротити основний час обробки деталі завдяки тому, що верстати з ЧПК мають подвійну жорсткість та точностні характеристики є можливість досягнення більш вищих квалітетів точності у порівнянні з універсальними верстатами.

Отже, по усім показникам окрім ціни обладнання другий маршрут обробки переважає перший. Але верстати з ЧПК, завдяки можливості швидкої переналадки, знаходять використання навіть у дрібносерійному виробництві . А в серійному виробництві вони дуже швидко окупаються.

В результаті аналізу запропонованих технологічних процесів приймаємо другий варіант на який і будемо орієнтуватися надалі.

2.7 Вибір технологічних баз

Намітивши маршрут обробки, обираємо технологічні бази для кожної технологічної операції. Вибір технологічних баз починаємо з чорнової бази на першій операції технологічного процесу, яка використовується для підготовки чистових технологічних баз.

При виборі технологічних баз на інших операціях керуємося принципом єдності та постійності баз.

В якості чистової бази в деталі зубчатка приймаємо один з її торців, обробка якого буде вестися на першій операції. Чорною базою слугуватиме зовнішня поверхня, а саме зубчатий вінець.

Остаточний вибір схеми базування для кожної операції проводимо при розробці структури та змісту технологічних операцій керуючись ДСТУ21496-76 “Бази і базування в машинному будівництві”.

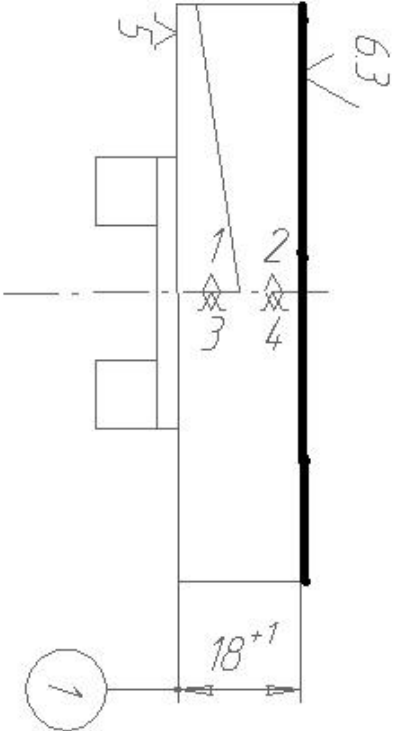
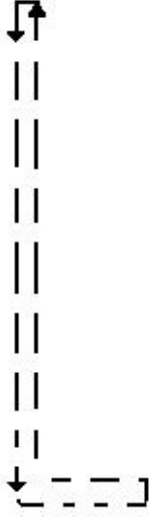
2.8 Розробка структури та змісту технологічних операцій на верстатах з ЧПК

Встановивши кількість переходів по обробці поверхонь установлюємо остаточну структуру та зміст технологічних переходів. При цьому підбираємо таку структуру операцій яка б забезпечила зменшення штучного часу.

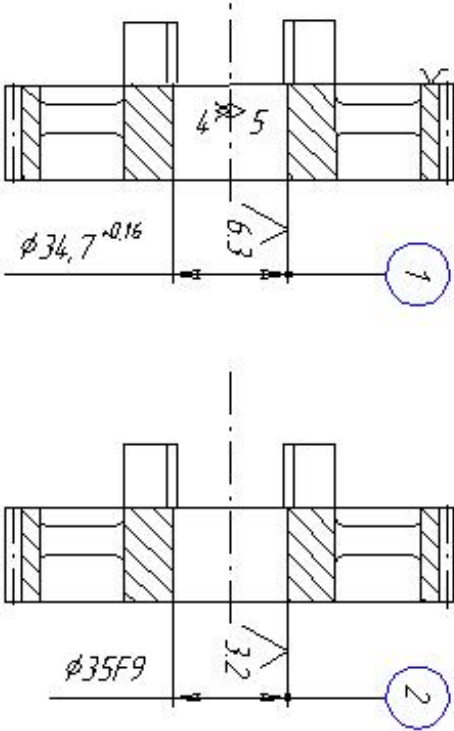
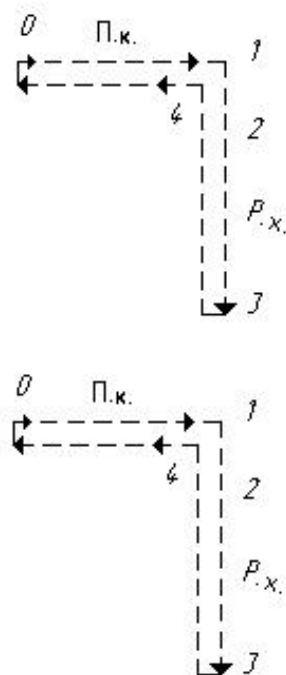
Тип виробництва, методи та точність обробки дозволяють визначати необхідні тип та модель верстату [8].

Розробимо структуру та зміст операцій технологічного процесу для зубчатки СУЛ 103В і занесемо дані до таблиці 2.5.

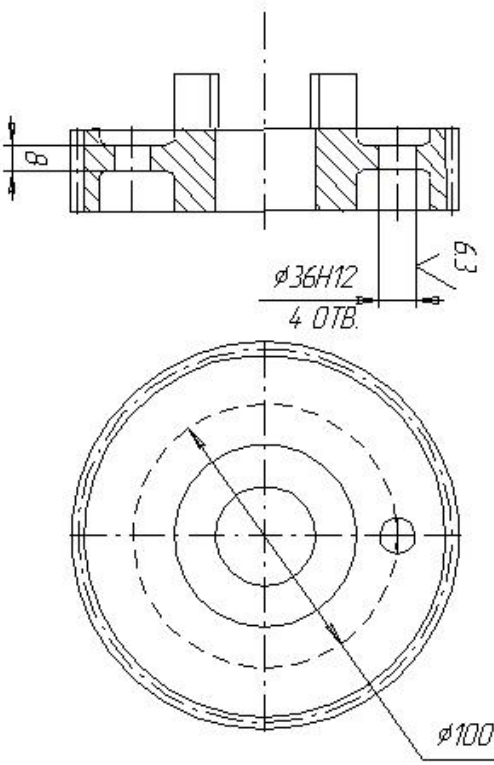
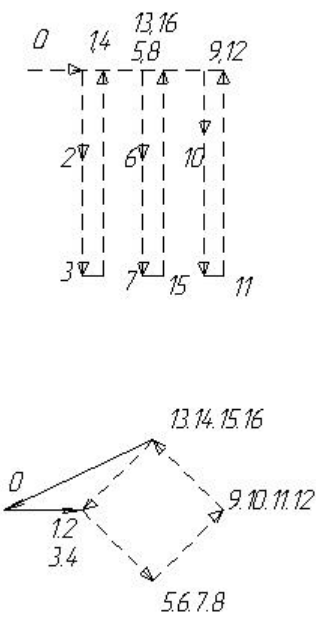
Таблиця 2.5 – Зміст операцій технологічного процесу обробки зубчатки
СУЛ 103В

Операція	Верстат	Ескіз обробки та схема базування	Траєкторія руху інструментів	Зміст операції
1	2	3	4	5
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний 16К20			1. Точити торець зубчатки витримавши розмір 1

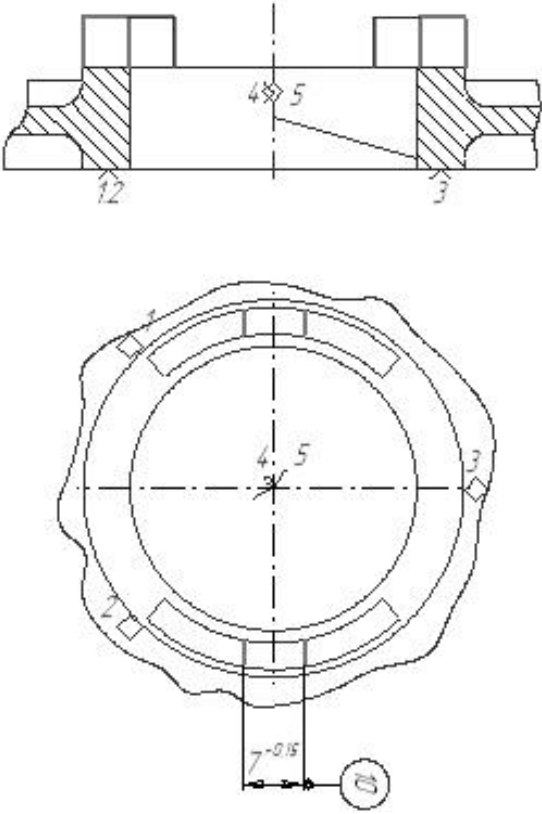
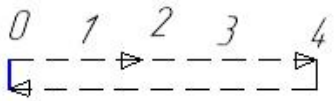
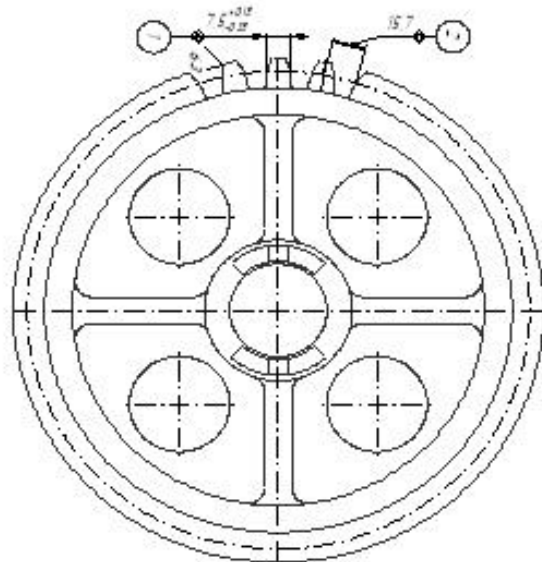
Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
010 Фрезерна з ЧПК	Вертикально- фрезерний з ЧПУ 6Р13РФ3			1. Зенкерувати отвір витримав розмір; 2. Розвернути отвір витримавши розмір 2.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
010 Фрезерна з ЧПК	Вертикально- фрезерний з ЧПУ 6Р13РФ3			3. Зенкерувати отвір послідовно чотири отвори витримав розміри 3, 4.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
010 Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний з ЧПУ 6P13РФ3			6. Фрезерувати паз витримавши розміри 10.
015 Зубофрезерна	Зубофрезерний 5230			1. Фрезерувати зубці зубчатки.

2.9 Вибір металорізального обладнання

Для забезпечення запропонованого технологічного процесу механічної обробки деталі необхідно вибрати металорізальні верстати модель та тип яких визначаємо в залежності від методу та стадії обробки поверхонь деталі, змісту технологічних операцій точності обробки та типу виробництва [12].

Стислу характеристику та технологічні можливості обраних верстатів з ЧПК наводимо в таблицях 2.6 та 2.7

Таблиця 2.6 – Металорізальні верстати з ЧПК

№ операції	Модель верстату	Система ЧПК	Найбільший розмір оброблюваної деталі	Потужність (кВт)	Частота обертання шпинделя	Подача по осям координат		
						x	y	z
010	Фрезерний з ЧПК 6P13PФЗ	H33-1M	1600× 400	7,5	40-2000	10-1200	10-1200	10-1200

Таблиця 2.7 – Технологічні можливості верстатів з ЧПК

010	№ операції			Види робіт, які виконуються на верстаті		
6P13PФ	Модель верстату					
2400	Прискорене переміщення по осям					
2400						
2400						
3	Число керуючих координат					
3						
6	Кількість інструментів в інструментальному магазині					
2	Машинно допоміжний час					
1,5						
-	Точіння					
+	розточування					
-	Розгортання					
	свердлування					
	Нарізання різьб					
+	фрезерування					
+						
+						

2.10 Вибір технологічного оснащення

Ефективність використання верстатів з ЧПК залежить від раціонального вибору верстатних пристроїв, різального і допоміжного інструменту, вимірювального інструменту, тощо [14].

2.10.1 Вибір затискних пристроїв

Після вибору обладнання, необхідно встановити які пристосування у відповідності з операційними ескізами необхідні для виконання операцій, згідно технологічного процесу.

Відомості та стислу характеристику обраних пристроїв, приводимо в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Затискні пристрої

№	Найменування пристрою	Стандарт	Вид приводу	Характеристика
005	Патрон три кулачковий	7100-0009	Механічний	$D_{\max}=250$
010	Пристосування спеціальне	109769	пневматичний	одномісне
015	оправка	509.6230-0183	механічний	-

2.10.2 Вибір допоміжних інструментів

Час продуктивної роботи верстатів з ЧПК залежить від зміни різального інструменту та його налагодження. На цей час виплаває конструкція допоміжного технологічного інструменту, а саме пристосування для встановлення та закріплення різального інструменту.

Стислу характеристику допоміжних інструментів для запропонованого технологічного процесу наводимо в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Допоміжний інструмент

номер		Найменування допоміжного інструменту	стандарт	Стисла характеристика
операції	переходу			
010	-----	Револьверна головка	ДСТУ 24900-81	6-позицій

2.10.3 Вибір різальних інструментів

Вибір різальних інструментів здійснюється на підставі визначених методів обробки поверхонь, матеріалу деталі, а також різальних властивостей інструментального матеріалу.

Стислу характеристику вибраного різального інструменту наводимо в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Ріжучий інструмент

номер			Найменування інструменту	Стандарт	Різальна частина	
операції	переходу	інструме			матеріал	ДСТУ
005	1	1	Різець підрізний	18877-73	BK6	3882-74
010	1	1	Зенкер Ø 34,7 H11	509.2363-21	BK3	3882-74
	2	2	Розгортка Ø35F9	509.2368-24	BK4	3882-74
	3	3	Зенкер Ø 36 H12	509.2363-27	BK3	3882-74
	4	4	Фреза торцева Ø80	9473-80	BK8	3882-74
	5	5	Фреза для контурного фрезерування Ø 7	95342-81	P6M5	19265-73
	6	6	Фреза пазова	95342-81	P6M5	19265-73
015	1	1	Фреза черв'ячна	509.4053-41	BK8	3882-74

2.10.4 Вибір вимірювальних інструментів

Вимірювальний інструмент для контролю розмірів поверхонь, які оброблюються визначаємо з урахуванням конструктивної форми, розмірів та вимог по точності поверхонь деталі, а також частоти вимірювань і типу виробництва.

Вибраний вимірювальний інструмент наводимо у таблиці 2.11

Таблиця 2.11 – Вимірювальний інструмент

номер		Розмір з відхиленнями	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт
операції	переходу			
1	2	3	4	5
005 010	1	18 ⁺¹	Штангенциркуль	166-89
	2	Ø35F 9 ^{+0,087 +0,025}	Пробка Ø35F 9 ^{+0,087 +0,025}	509.8133-1260
	3	Ø36H12 ^{+0,25}	Штангенциркуль	166-89
	4	30 ₋₁	Штангенциркуль	166-89
		Ø36 ⁺¹	Штангенциркуль	166-89
015		88 ₋₃	Кутомір	509.1244-7351
	5	7 ^{+0,25}	Калібр 7 ^{+0,25}	509.7316-6621
	6	73 ^{-0,15 -1,85}	Калібр 73 ^{-0,15 -1,85}	509.4150-2163
	1		Калібр контролю зубців	509.5688-3364

2.11 Розрахунок припусків на обробку поверхонь деталі

Розрахунок припусків здійснюємо за формулою:

$$Z_{\min} = a + b \times D^m + C \times L^n \quad (2.6)$$

де a - частина припуску, яка необхідна для зняття дефектного шару з поверхні деталі.

$b \times D^m + CL^n$ - частина припуску, яка необхідна компенсації просторових відхилень окремих ділянок поверхонь деталі та залежить від умов обробки і габаритних розмірів поверхні (D - діаметр, мм; L - довжина , мм).

Коефіцієнти a , b , c та показники ступеню m і n визначені шляхом аналізу та обробки довідково-нормативних таблиць операційних припусків з використанням методів найменших квадратів [13].

Розрахуємо припуски на поверхню $\varnothing 35F9^{+0,087}_{+0,025}$ зубчатки СУЛ 103В.

Маршрут обробки :

1 Зенкерування отвору;

2 Розгортання отвору;

Визначаємо мінімальні операційні припуски відповідно до (2.6).

Зенкерування одноразове:

$$Z_{\min} = 1.9L^{0.1} - 1.42 = 1.9 \times 22^{0.1} - 1.42 = 1.15 \text{ мм};$$

Після визначення мінімальних операційних припусків, визначаємо максимальні припуски за формулою:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min i} + \delta_{i-1} - \delta_i; \quad (2.7)$$

де : δ_{i-1} –технологічний допускна попередньому переході

ді--технологічний припуск на виконуваному переході.

Розгортання чистове:

$$2Z_{\max 2}=2 \times 0.06+0.16-0.062=0.218 \text{ мм};$$

Зенкерування одноразове

$$2Z_{\max 1}=2 \times 1.15+1.2-0.16=3.34 \text{ мм}$$

Визначаємо операційні розміри для кожного технологічного переходу за формулами:

$$D_{\min }=D_{\min I-1}-2 Z_{\max I-1} ; \quad (2.8)$$

$$D_{\max I}=D_{\max i-1}-2 Z_{\min i-1} ; \quad (2.9)$$

Зенкерування одноразове:

$$D_{\min }=35,025-0,218=34,807 \text{ мм};$$

$$D_{\max I}=35,087-0,12=34,967 \text{ мм};$$

Розміри заготовки:

$$D_{\min 3}=34.807-3.34=31.467 \text{ мм};$$

$$D_{\max 3}=34.967-2.3=32.667 \text{ мм};$$

На підставі розрахунків розробимо схему графічного розташування припусків, допусків та операційних розмірів.

На решту поверхонь припуски, допуски та операційні розміри визначаємо аналогічно, а результати наводимо в таблиці 2.12

Таблиця 2.12 – Припуски, допуски та операційні розміри поверхні деталі зубчатки

Номер та найменування поверхні	Технологічний маршрут обробки	Технологічний допуск	Розрахункова формула	припуск		Операційні розміри
				$Z_{\min}$ мм	$Z_{\max}$ мм	
1 торець зубчатки	Точіння одноразове	1	$Z_{\min}=1.03 \times D^{0,2} - 1,42$	1,51	2,05	18^{+1}
2 внутрішня циліндрична	зенкерування розгортання	0,16 0,062	$Z_{\min}=1,9L^{0,1}-1.42$ $Z_{\min}=0,022D^{0,3}$	1.15 0,06	1.67 0,109	$34.8^{+0.16}$ $\varnothing 35^{+0.087}_{+0.025}$
3 торець	Фрезерування одноразове	1	$Z_{\min}=0,0011L_{\max} + 0.685$	1.92	2.57	30_{-1}
4 отвори	Зенкерувати отвір	0,25	$Z_{\min}=1,9L^{0,1}-1.41$	1.03	1.45	$\varnothing 36^{+0.25}$

2.12 Розробка траєкторії рухів інструментів та розрахунок координат опорних точок

Керуюча програма обробки деталі на верстаті з ЧПК опису рух різального інструменту відносно поверхонь деталі, яка оброблюється.

Для деталі траєкторія руху розробляється для кожного інструмента. Операційні ескізи деталі з визначенням початком координат, та траєкторії руху для кожного інструменту представлені в графічній частині роботи.

Розрахуємо координати опорних точок і занесемо їх в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Координація опорних точок

Номер опорної точки	Координація опорних точок		
	X	Y	Z
1	2	3	4
1	0	0	23
2	0	0	-2
3	35	35	13
4	35	35	1
5	-35	35	13
6	-35	35	1
7	-35	-35	13
8	-35	-35	1
9	35	-35	13
10	35	-35	1
11	26,5	0	30
12	-26,5	0	30
13	18	18	21
14	18	-18	21
15	14	-14	21
16	14	14	21
17	-14	14	21
18	-14	-14	21
19	-18	-18	21
20	-18	18	21
21	28	0	21
22	17	0	21
23	-17	0	21
24	-28	0	21

2.13 Визначення режимів різання

Розрахування режимів різання для деталі зубчатка на 010 операцію – фрезерну з ЧПК.

Верстат – фрезерний з ЧПК – 6Р13РФ3

Матеріали деталі СЧ18-36.

2.13.1 Визначення режимів різання на перший перехід – зенкерування поверхні $\varnothing 34,7^{+0,16}$

Зенкер з пластиками з твердого сплаву ВК 3.

Заготовка відливка – діаметр отвору до обробки $\varnothing 32$ мм, отже:

Глибина різання:

$$t = \frac{34.7 - 32}{2} = 1.35 \text{ мм};$$

Нормативний період стійкості інструмента $T = 50$ хв.

Визначаємо подачу:

$$S_o = S_t \times K_{sm}; \quad (2.10)$$

де $S_t = 1,09$ мм/об – табличне значення подачі; [6]

K_{sm} = коефіцієнт, що залежить від властивостей матеріалу.

$$S_o = 1,09 \times 0,9 = 1 \text{ мм/об};$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = V_t \times K_{vm} \times K_{vj} \times K_{vw} \times K_{vu} \times K_{v3} \times K_{vt} \times K_{vi} \quad (2.11)$$

де $V_t=21.8$ м/хв - табличне значення швидкості різання [6];

$K_{vm}=0,9$ – коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей матеріалу;

$K_{vj}=1$ - коефіцієнт, що залежить від наявності охолодження;

$K_{vw}=0,85$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{vu}=2,5$ - коефіцієнт, що матеріали інструменту;

$K_{v3}=1$ - коефіцієнт форми заточки інструменту;

$K_{vt}=1$ – коефіцієнт що враховує період стійкості інструменту;

$K_{vi}=0,92$ коефіцієнт що враховує послідовність переходів маршруту.

$$V=21.8 \times 0.9 \times 1 \times 0.85 \times 2.5 \times 1 \times 1 \times 0.92 = 38 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 38}{3.14 \times 35} = 344 \text{ об/хв}$$

Прийmemo фактичну частоту обертання $n_{\phi}=315 \text{ об/хв}$

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 35 \times 315}{1000} = 34,6 \text{ м/хв}$$

Перевіrimo обрані режими різання по потужності приводу головного руху:

$$N = N_m \times \frac{K_{ni}}{K_{nm}} ; \quad (2.12)$$

де $N_t=0,71$ кВт- табличне значення [6];

$K_{ni}=1$ – коефіцієнт що залежить від послідовності переходів маршрутів;
 $K_{nm}=0.9$ - коефіцієнт що залежить від механічних властивостей матеріалу.

$$N = 0.71 \times 1 / 0.9 = 0.8 \text{ кВт};$$

Перевірка на потужність приводу верстату:

$$N_p \leq N_{дв} \times \eta; \quad 0,8 < 7.5 \times 0.85 \\ 0.8 < 6.3$$

Процес різання буде здійснюватися :

Визначаємо основний час:

$$t_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \times n} = \frac{22 + 6}{1 \times 315} = 0.09 \text{ хв};$$

2.13.2 Визначення режимів різання на другий перехід – разгортання поверхні $\varnothing 35^{+0,087}_{+0,025}$ мм.

Глибина різання:

$$t = \frac{35 - 34.7}{2} = 0.15 \text{ мм}$$

Нормативний період стійкості інструмента $T=105 \text{ хв}$;

Вибираємо подачу за залежністю (2.10).

$$S_0 = 0.97 \times 0.9 = 0.85 \text{ мм/об};$$

Визначаємо швидкість різання за залежністю (2.11).

$$V=8.7\times0.9\times1\times1\times2.2\times1\times1\times0.84=14.4 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 14.4}{3.14 \times 35} = 131 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо фактичну частоту обертання шпинделя $n_{\phi}=126 \text{ хв}^{-1}$.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 35 \times 126}{1000} = 13.8 \text{ м/хв}$$

Визначаємо потужність необхідну для різання за залежністю (2.12).

$$N=0.33\times1/0.9=0.37\text{кВт};$$

Визначаємо основний час:

$$t_0=L_{\text{px}}/S_0\times n=22+/0.85\times126=0.26 \text{ хв}$$

2.13.3 Визначення режимів різання на другий перехід – зенкерування чотирьох отворів Ø36Н12 мм.

Зенкер з пластинами твердого сплаву – ВК 3

Заготовка відливка – діаметр отвору до обробки Ø 33мм, отже глибина різання:

$$t=36-33/2=1.5 \text{ мм};$$

Нормативний період стійкості інструмента $T=50 \text{ хв}$;

Визначаємо подачу за залежністю (2.10).

$$S_0 = 1.09 \times 0.9 = 1 \text{ мм/об};$$

Визначаємо швидкість різання за залежністю (2.11).

$$V = 21.8 \times 0.9 \times 1 \times 0.85 \times 2.5 \times 1 \times 1 = 41 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 41}{3.14 \times 36} = 362 \text{ хв}^{-1}$$

Фактична частота обертання становить $n_{\phi} = 315 \text{ хв}^{-1}$.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 36 \times 315}{1000} = 35,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо потужність необхідну для різання за залежністю (2.12).

$$N = 0.71 \times 1 / 0.9 = 0.8 \text{ кВт};$$

Розрахуємо основний час:

$$t_0 = (L_{\text{px}} / S_0 \times n) \times 4 = (8 + 6 / 1 \times 315) \times 4 = 0.16 \text{ хв};$$

2.13.4 Визначення режимів різання на четвертий перехід – фрезерування торця.

Фреза торцева Ø80 , з пластинами твердого сплаву ВК8.

Глибина різання: $t = 2.5 \text{ мм}$.

Нормативний період стійкості інструменту $T=180$ хв;

Визначаємо подачу по формулі (2.10).

$$S_z=0.45 \times 1 \times 1 \times 1.1 \times 0.85=0.4^{\text{мм}}/\text{зуб}$$

Визначаємо швидкість різання по формулі (2.11).

$$V=101 \times 1 \times 1 \times 0.8 \times 0.95 \times 0.7 \times 1.15=62^{\text{м}}/\text{хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 62}{3.14 \times 80} = 247^{\text{хв}}^{-1}$$

Приймаємо фактичну частоту обертання шпинделя за паспортом верстату: $n_{\phi}=250^{\text{хв}}^{-1}$.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 80 \times 250}{1000} = 62,8^{\text{м}}/\text{хв}$$

Визначаємо потужність необхідну для різання по формулі (2.12).

$$N=6 \times 1 \times 0.8 \times 1.1=5.2\text{кВт};$$

Визначаємо хвилинний час:

$$S_{\text{хв}}=S_z \times z \times n=0.4 \times 8 \times 250=800^{\text{мм}}/\text{хв};$$

Визначаємо основний час:

$$t_0 = (L_{px}/S_{xb})4 = (5+55+80/800)4 = 0.18 \text{ хв};$$

2.13.5 Визначення режимів різання на п'ятій перехід – фрезерування вилку по контуру.

Ріжучий інструмент- фреза для контурного фрезерування Ø7 мм з Р6М5

Глибина різання $t=2.0$ мм;

Нормативний період стійкості інструменту $T=80$ хв;

Визначаємо подачу по формулі (2.10).

$$S_z = 0.06 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.06^{\text{мм}}/\text{зуб}$$

де $S_{zt}=0.06^{\text{мм}}/\text{зуб}$ - таблична подача на зуб [11];

Визначаємо швидкість різання по формулі (2.11).

$$V = 32 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.9 \times 0.8 = 23^{\text{м}}/\text{хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 23}{3.14 \times 7} = 1046 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо фактичну частоту обертання шпинделя за паспортом верстату: $n_{\phi}=1000 \text{ хв}^{-1}$.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 7 \times 1000}{1000} = 22^{\text{м}}/\text{хв}$$

Визначаємо потужність необхідну для різання по формулі (2.12).

$$N=0.21 \times 1 \times 1 \times 0.9 = 0.2 \text{ кВт};$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_z \times z \times n = 0.06 \times 3 \times 1000 = 180 \text{ мм/хв};$$

Визначаємо основний час:

$$t_0 = (L_{\text{рх}} / S_{\text{хв}}) i = (45 + 5 / 180) 2 = 0.56 \text{ хв.}$$

2.13.6 Визначення режимів різання на шостий перехід – фрезерування пазу $7^{+0.15}$.

Ріжучий інструмент - фреза кінцева Ø7мм з Р6М5

Нормативний період стійкості інструменту $T=80$ хв;

Глибина різання $t=7.0$ мм;

Ширина різання $B=9.0$ мм;

Визначаємо подачу по формулі (2.10).

$$S_z = 0.05 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.05 \text{ мм/зуб}$$

де $S_{zt}=0.05 \text{ мм/зуб}$ - таблична подача на зуб [11];

Визначаємо швидкість різання по формулі (2.11).

$$V = 27 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.9 \times 0.8 = 19 \text{ м/хв};$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 19}{3.14 \times 7} = 864 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо фактичну частоту обертання шпинделя за паспортом верстату: $n_{\phi}=800 \text{ хв}^{-1}$.

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \times 7 \times 800}{1000} = 17.6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо потужність необхідну для різання по формулі (2.12).

$$N=0.52 \times 1 \times 1 \times 0.9=0.5 \text{ кВт};$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}}=S_z \times z \times n=0.05 \times 3 \times 800=120 \text{ мм/хв};$$

Визначаємо основний час:

$$t_0=(L_{\text{рх}}/S_{\text{хв}})i=(2+6+8/120)2=0.27 \text{ хв};$$

Визначаємо основний час операції:

$$T_0=\sum t_0=0.09+0.26+0.16+0.18+0.56+0.27=1.52 \text{ хв}$$

На інші операції режими різання визначаємо по нормативним даним і заносимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Режими різання для обробки деталі зубчатка

номер		Елементи режимів різання					
операції	переходу	t, мм	$S^{mm}/_{XB}$	$V^{m}/_{XB}$	n хв ⁻¹	$N_{KBt};$	T_0 хв
005	1	2	0.25	374	630	0.1	0.5
010	1	1.35	1	34.6	315	0.8	0.09
	2	0.15	0.85	13.8	126	0.37	0.26
	3	1.5	1	35.6	315	0.8	0.16
	4	2.5	800	62.8	250	5.2	0.18
	5	2	180	22	1000	0.2	0.56
	6	7	120	17.6	800	0.5	0.27
							$\Sigma 1.52$
015	1	1.5	0.25	13.4	100	0.74	1.89

2.14 Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій визначаємо розрахунковим методом. Виконуємо розрахунок штучно-калькуляційного часу на 010 операцію фрезерну з ЧПК.

Основний технологічний час – $t_0=1.52$ хв.

Визначаємо допоміжний час:

- час на установку і закріплення деталі – $t_{уст}=0.37$ хв;

- додатковий час, пов'язаний з операцією, включає в себе час на включення та виключення верстату, перевірку повернення інструменту в задану точку після обробки, встановлення та зняття загороджувального щитка - $t_{оп}=0.18$ хв;

- додатковий час на контрольні вимірювання, містить три виміра калібром і три штангенциркулем – $t_b=0.05 \times 3 + 0.21 \times 3 = 0.78 \text{ хв}$;

Тож допоміжний час становить:

$$T_d = t_{уст} + t_{оп} + t_b = 0.37 + 0.18 + 0.78 = 1.33 \text{ хв}$$

Визначаємо час автоматичної роботи верстату:

$$T_{ца} = T_o + T_{мв} \quad (2.13)$$

де $T_{мв}$ – машинно-додатковий час (0.98хв);

$$T_{ца} = 1.52 + 0.98 = 2.5 \text{ хв};$$

Визначаємо час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби у відсотках від оперативного часу:

$$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп} = 8\% \quad (2.14)$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_d) \left(\frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп}}{100} \right) \quad (2.15)$$

$$T_{шт} = (2.5 + 1.33)(1 + 8/100) = 4.13 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{шт} \frac{T_{нз}}{m} \quad (2.16)$$

де $T_{пз}$ – підготовко-заклучний час:

$$T_{шт-к} = 4.13 + \frac{27}{1000} = 4.133 \text{ хв}$$

На решту технологічних операцій норми часу визначаємо за допомогою нормативних таблиць і заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Норми часу на обробку деталі

Номер операції	t_0 хв.	T_d хв.	$t_{м.о.}$ хв.	$t_{о.о.}$ хв.	$t_{відп.}$ хв.	$T_{шт}$ хв.	$T_{шт-к}$ хв.
005	0.5	0.8	0.35	0.035	0.035	1.4	1.402
010	1.52	1.33	0.1	0.1	0.1	4.13	4.133
015	1.89	0.68	0.069	0.069	0.069	2.78	2.786

2.15 Розробка програм керування

Обробка на 010 операції ведеться на фрезерному верстаті з ЧПК 6P13PФ3. На даному верстаті стоїть система ОПУ H33-1M.

Розробимо програму керування обробки деталі на 010 операцію.

№1 S3 315 F1 T1

№2 X0 Y0 Z23 E

№3 Z-2

№4 Z23 E

№5 X160 Y0 Z80 E

№6 S3 126 F0.85 T2

№7 X0 Y0Z23 E

№8 Z-2

№9 Z23E
№10 X160 Y0 Z80E
№11 S3 315 F1 T3
№12 X35 Y35 Z13 E
№13 Z1
№14 Z35 E
№15 X-35 Y35 Z13 E
№16 Z1
№17 Z35 E
№18 X-35 Y-35 Z13 E
№19 Z1
№20 Z35 E
№21 X35 Y-35 Z13 E
№22 Z1
№23 Z35 E
№24 X160 Y0 Z80 E
№25 S3 250 F800 T4
№26 X69 Y0 Z30 E
№27 X-109
№28 X160 Y0 Z80 E
№29 S3 1000 F180 T5
№30 X22 Y-18 Z21 E
№31G44 D7 R26.5 X18 Y18
№32 X14 Y14
№33 G46 D7 R18 X14 Y-14
№34 X-14 Y-14
№35G46 D7 R18 X-14 Y14
№36 X-18 Y18
№37 G44 D7 R26.5 X-18 Y-18
№38 X-14 Y-14

№39 Z30 E
№40 X160 Y0 Z30 E
№41 S3 800 F120 T6
№42 X3 Y0 Z21 E
№43 X10
№44 X-10 Y0 Z21 E
№45 X-30
№46 X160 Y0 Z80 E
№47 M02

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка конструкції контрольного пристрою

Контрольне пристосування використовується для контролю торцевого биття, торцю зубчатки СУЛ 103В відносно внутрішньої поверхні Ø 35F9. торцеве биття не має перевищувати 0,9 мм. Даний торець слугує базою для обробки деталі, тому до нього пред'явлено таку вимогу [10].

Виходячи з того, що відхилення задано від внутрішньої поверхні, то при контролі деталь встановлюємо на конусну оправку з конусністю 1°. на далі оправку, що має центрові отвори, з деталлю встановлюють в центра контрольного пристосування, щоб звести похибку базування до мінімуму.

Контроль будемо проводити індикатором часового типу ИЧ10 по ГОСТ 577-68 з ціною поділки 0,1 мм [10].

Контрольне приставання винесено в графічну частину бакалаврської роботи воно складається з станини 1, корпусу переднього 2, заднього 3,

магнітної плити 4, центрів 5, та 11, гільзи 6, стійки 7, стійки 8, ручки 9, тримача 10, і спеціальних гвинтів 12, 13, 14, 15.

На станині 1 за допомогою гвинта 15 та гайки 20, закріплено передній корпус 2. в корпусі розташований центр 5, який разом з бронзовою гільзою 6 має змогу осьового переміщення, за допомогою ручки 9 і пружинки 21.

З іншого боку станини 1 розміщено задній корпус 3 він має можливість переміщення по направляючим, в залежності від довжини контрольованої деталі. Фіксація заднього корпусу 3 відбувається за допомогою гвинта 15 і гайки 20.

Індикатор кріпиться до стійки 8 за допомогою тримача 10 спеціальних гвинтів 13 та 14. стійку 8 закріплено на магнітній плиті 4, яку встановлено на станину.

Принцип роботи наступний: натисканням ручки 9 вниз зміщуємо центр 5 і встановлюємо оправку з деталлю в центра, відпускаємо ручку. Затиск деталі відбувається за допомогою пружини 21.

Встановлюємо магнітну плиту 4 разом із стійкою 8 так, щоб кулька індикатора 23 дотикалася до контролюємої поверхні.

Вручну провертаємо контролюємо деталь навколо своєї осі не менше одного оберту. Стрілка індикатора показує розмір торцевого биття.

Простота конструкції та універсальність, дозволяє використовувати даний пристрій для контролю як торцевого так і радіального биття і інших деталей.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технології обробки деталі зубчатка, яка входить до складу сівалки УПС-12.

1. В роботі було проведено аналіз точності та технологічності конструкції деталі та розроблено маршрутний технологічний процес її обробки.

2. Виконано розробку структури та змісту технологічної операції з розробкою теоретичних схем базування.

3. Проведені розрахунки припусків, режимів різання та виконано технічне нормування операцій механічної обробки.

4. Розроблено конструкцію контрольного пристрою для контролю торцевого биття, торцю зубчатки.

5. Розроблено кресленики зі схемами механічної обробки та перероблене креслення деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : посібник. Львів : Світ, 2001. 296 с.
2. Боровик О. В., Малашин М. О. Довідник з креслення. Стандарти ISO : навчально-методичний посібник. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2014. 104 с.
3. Мажара, В. А., Гречка, А. І., Свяцький, В. В., Щербина, К. К., Мірзак, В. Я., Селехова, В. М., ... & Шмельов, В. М. (2024). Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Спец. 131 «Прикладна механіка». Кропивницький : ЦНТУ, 2024 – 40 с.
4. Щербина, К. К., Шмельов, В. М., Скрипник, О. В., Гречка, А. І., & Кузик, О. В. (2024). Кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Кропивницький : ЦНТУ, 2024 – 16 с.
5. Pavlenko I. I. Robotic technological complexes: monograph / I. I. Pavlenko, V. A. Mazhara; under the editorship I. I. Pavlenko. – Kropyvnytskyi: KOD, 2019. – 382 p.
6. Скібінський О. І., Селехова В. М. Технологія обробки типових деталей та складання машин. Самостійні роботи. – 2023. М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. - Кропивницький : ЦНТУ , 2023. - 93 с.
7. Валявський, І. А., О. В. Лисенко та І. А. Лисенко. "Технологічне обладнання з паралельною кінематикою." (2023). М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 281 с.
8. Мажара В. А., Годунко М. О. Основи гнучкого автоматизованого виробництва. – 2018.
9. Павленко І.І., Мажара В.А. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів // Збірник наукових праць. – Вип. 17 Краматорськ: ДДМА, 2005. – С. 131 – 137.

10. Мажара В. А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.

11. Мажара В. А., Артюхов А. М., Тененика С. А. Проектування затискних пристроїв та оснащення. Самостійна робота. – 2024 – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 44 с.

12. Mazhara V.A., Shcherbyna K.K, Maniakin S.P., Filonenko V.V. Efficiency of using turning machining centers // The 4th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations” (December 1-3, 2023) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2023. 216-221 p.

13. Мажара В. А. Комп'ютерна статистика в технології машинобудування. – 2017. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 52 с.

14. Мажара, В. А., Щербина, К. К., Артюхов, А. М., Тененика, С. А., & Шестаков, І. С. (2024). Система автоматизованого проєктування технологічного оснащення. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.

15. Mazhara, V., Artiukhov, A., Hodunko, M., Shcherbyna, K., & Tenenka, S. (2025). Structural Design of Robotic Complexes. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. – Вип. 55. – С. 43-49.

16. Павленко І.І., Мажара В.А. Продуктивність функціонування двозахватних промислових роботів на позиціях допоміжних пристроїв // Прогресивні технології і системи машинобудування. Міжнародний збірник наукових праць. – Вип. 30 – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 170 – 175.

17. Мажара В. А., Тененика С. А. Використання двозахватних промислових роботів на позиціях допоміжних пристроїв – НАУ «ХАІ», 2025.

18. Мажара А. В., Мажара В. А. ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ТИПУ ВИРОБНИЦТВА //Процеси механічної обробки, верстати та інструмент: матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю, 11–13 листопада 2025 року.–Житомир: Житомирська політехніка, 2025.–149 с. – 2025. – С. 75.

19. Годунко, М. О., Кислун, О. А., Мажара, В. А., Щербина, В. К., Кравченко, Р. А., & Ключкін, В. В. (2023). Розробка методики силового розрахунку вертикально орієнтованого захватного пристрою. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 7(38).

20. Павленко І.І., Мажара В.А. Конструктивно-кінематична структура двозахватних пристроїв промислових роботів // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Вип. 19 – Краматорськ – Київ, 2006. – С. 104 – 109.

21. Мажара В.А. Визначення кутів повороту ведучих ланок адаптивного захватного пристрою / Мажара В.А., Годунко М.О, Кислун О.А. // Збірник наукових праць КНТУ / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 27 – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 28 – 33.

22. Годунко М.О. Дослідження можливості підвищення точності захватного пристрою робота за рахунок компенсуючої ланки затискного важеля. Годунко М.О., Мажара В.А., Кислун О.С., Щербина В.К., Писанка С.В. // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки : зб. Наук пр. – Хмельницький : ХНУ, 2024. – Вип. №3. – С. 52-56.

23. Shcherbyna K. Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks / K. Shcherbyna, A. Hrechka, V. Mazhara, T. Diachenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2020. – Вип.50. – С.159-164.

24. Годунко, М. О., Мажара, В. А., Щербина, В. К., & Кравченко, Р. А. (2026). Дослідження залежності сил затиску в захватному пристрої робота від його конструктивних параметрів та межі міцності деталі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, (14(45), 22–31.

25. Апаракін А.Р. Синтез схем навантаження силових елементів кулькогвинтового гідропідсилювача з аксіальною структурою приводу / А.Р. Апаракін, П.М. Єрьомін, В.А. Мажара // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – Вип. 9 (40). - Ч. II. – С. 23-31.

26. Sybirtsev, V., Mazhara, V., & Moskalenko, V. (2020). Analysis of discriminant models in forecasting bankruptcy of enterprises. Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University. Economic Sciences, (2).

27. Щербина К., Мажара В., Торчілов Д., Заїка А., Масляніков В. Дослідження повздовжньої сталості пружно-гвинтового хону з гвинтовими канавками // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. - Хмельницький: ХНУ, 2025. - №2 (349). - С.493-499.

28. Павленко І. І., Мажара В. А., Носуленко В. І., Годунко М. О. Дослідження продуктивності РТК з використанням промислових роботів, встановлених на обладнанні // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2012. – Вип. 25, ч. I. – С. 8–13.

29. Щербина К.К. Експериментальне дослідження деформації пружногвинтового хона / К.К. Щербина, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, А.І. Гречка, Т.В. Дяченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 31-38.