

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
15 червня 2026 р.

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

Технологічна підготовка виготовлення деталі вал

Виконала здобувачка вищої освіти
4 курсу групи ПМ-22-3
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Єлизавета НОСЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ТИХИЙ

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 Носенко Єлизаветі Іванівні

Тема роботи:

Технологічна підготовка виготовлення деталі вал

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олександр СКІБІНСЬКИЙ

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

Строк подання роботи до захисту:

15 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є підвищення ефективності та якості виготовлення деталі вал шляхом розробки та обґрунтування оптимального технологічного процесу її виробництва, що забезпечує виконання всіх технічних вимог креслення за мінімальних матеріальних і часових витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

провести аналіз технологічності конструкції деталі; обґрунтувати вибір методу отримання заготовки та розрахувати припуски на обробку; розробити маршрутний та операційний технологічні процеси обробки поверхонь валу; здійснити вибір сучасного технологічного обладнання, різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту; розрахувати режими різання та норми часу на технологічні операції.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної літератури по тематиці роботи	18.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	28.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	18.05.2026 р.	
4	Розробка креслеників	28.05.2026 р.	
5	Перевірка роботи на академічний плагіат	03.06.2026 р.	
6	Рецензування роботи	08.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Єлизавета НОСЕНКО

Керівник роботи _____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Носенко Є.І. Технологічна підготовка виготовлення деталі вал : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О.І. Скібінський. Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 48 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є підвищення ефективності та якості виготовлення деталі вал шляхом розробки та обґрунтування оптимального технологічного процесу її виробництва, що забезпечує виконання всіх технічних вимог креслення за мінімальних матеріальних і часових витрат.

Актуальність роботи. Ефективність функціонування вузлів безпосередньо залежить від точності виготовлення та якості поверхневого шару валів. Забезпечення цих параметрів у сучасних умовах досягається шляхом оптимізації технологічної підготовки виробництва. Впровадження прогресивних методів базування, раціонального розподілу припусків, застосування сучасного різального інструменту та високотехнологічного обладнання з ЧПК дозволяє суттєво скоротити тривалість виробничого циклу. У зв'язку з цим, розробка високоефективного технологічного процесу виготовлення деталі вал із застосуванням сучасних методів проектування є актуальним науково-практичним завданням.

В роботі проведено аналіз технологічності конструкції деталі; обґрунтовано вибір методу отримання заготовки та розрахувати припуски на обробку; розроблено маршрутний та операційний технологічні процеси обробки поверхонь валу; здійснено вибір сучасного технологічного обладнання, різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту; розраховано режими різання та норми часу на технологічні операції.

вал, технологічний процес, режими різання, маршрут обробки

ANNOTATION

Yelyzaveta NOSENKO. Technological preparation for the manufacture of shaft parts. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Oleksandr SKIBINSKYI. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026. 48 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The aim of this study is to improve the efficiency and quality of shaft component manufacturing by developing and justifying an optimal production process that ensures compliance with all technical requirements of the drawing whilst minimising material and time costs.

Relevance of the study. The operational efficiency of assemblies depends directly on the manufacturing accuracy and surface quality of shafts. Ensuring these parameters under modern conditions is achieved by optimising production planning. The introduction of advanced positioning methods, rational allocation of allowances, the use of modern cutting tools and high-tech CNC equipment allows for a significant reduction in the duration of the production cycle. In this regard, the development of a highly efficient manufacturing process for producing a shaft component using modern design methods is a pressing scientific and practical task.

The study analyses the manufacturability of the component's design; the choice of blank production method is justified and machining allowances are calculated; route and operational processes for machining the shaft surfaces are developed; modern technological equipment, cutting, auxiliary and control and measuring tools are selected; cutting parameters and time standards for technological operations are calculated.

shaft, manufacturing process, cutting parameters, machining sequence

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

Технологічна підготовка виготовлення деталі вал

КРБ.ПМ.26.02.13.00.00

Виконала здобувачка вищої освіти
4 курсу групи ПМ-22-3
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Єлизавета НОСЕНКО

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

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
1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва	13
2 Технологічна частина	15
2.1 Аналіз базового технологічного процесу	15
2.2 Технологічна переробка робочого креслення деталі	16
2.3 Вибір способу отримання заготовки	16
2.4 Побудова маршрутів обробки окремих поверхонь деталі	18
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	22
2.6 Вибір технологічних баз	24
2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій	25
2.8 Вибір верстатних пристроїв, ріжучих і мірильних інструментів	30
2.9 Визначення припусків та операційних розмірів деталі	33
2.10 Розрахунок режимів різання	36
2.11 Технічне нормування операцій	39
2.13 Розробка траєкторії рухів інструментів та розрахунок координат опорних точок та розробка програм керування	41
Висновки	44
Список використаних джерел	45

ВСТУП

Дану кваліфікаційну роботу виконано у відповідності до методичних рекомендацій [1,2].

Актуальність теми. Сучасний розвиток машинобудівного комплексу вимагає безперервного підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції та забезпечення високої якості виробів. Деталі класу «вал» є одними з найбільш поширених елементів у конструкціях сучасних машин, механізмів, редукторів та технологічного обладнання, де вони виконують відповідальні функції передачі крутного моменту та підтримання деталей, що обертаються.

Ефективність функціонування вузлів безпосередньо залежить від точності виготовлення та якості поверхневого шару валів. Забезпечення цих параметрів у сучасних умовах досягається шляхом оптимізації технологічної підготовки виробництва. Впровадження прогресивних методів базування, раціонального розподілу припусків, застосування сучасного різального інструменту та високотехнологічного обладнання з ЧПК дозволяє суттєво скоротити тривалість виробничого циклу. У зв'язку з цим, розробка високоефективного технологічного процесу виготовлення деталі «вал» із застосуванням сучасних методів проектування є актуальним науково-практичним завданням.

Метою роботи є підвищення ефективності та якості виготовлення деталі вал шляхом розробки та обґрунтування оптимального технологічного процесу її виробництва, що забезпечує виконання всіх технічних вимог креслення за мінімальних матеріальних і часових витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз технологічності конструкції деталі;
- обґрунтувати вибір методу отримання заготовки та розрахувати припуски на обробку;

- розробити маршрутний та операційний технологічні процеси обробки поверхонь вала;

- здійснити вибір сучасного технологічного обладнання, різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту;

- розрахувати режими різання та норми часу на технологічні операції.

Об'єктом дослідження є виробничий процес та технологічна система механічної обробки деталі вал в умовах машинобудівного виробництва.

Предметом дослідження є методи, структури, технологічні маршрути, режими різання та параметри точності, що забезпечують оптимальні показники якості та продуктивності при виготовленні деталі вал.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці безпосередньо готового до впровадження у виробництво технологічного процесу механічної обробки деталі вал.

Спроектвані технологічні рішення, включаючи обґрунтовані схеми базування, оптимальні режими різання та вибір прогресивного різального інструменту, дозволяють знизити трудомісткість виготовлення деталі, зменшити відсоток браку та підвищити експлуатаційну надійність виробу. Матеріали роботи можуть бути використані на машинобудівних підприємствах при серійному або дрібносерійному виробництві деталей аналогічного класу, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальності «Прикладна механіка».

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика деталі

Сівалка СУПН-8А призначена для точного висіву каліброваного, фуражного і звичайного насіння кормового та цукрового буряка, кукурудзи, соняшника, клещевини, кормових бобів, квасолі з одночасним, окремим від насіння, внесенням мінеральних добрив і прикочуванням землі в рядках. Створення вакууму забезпечується вентилятором відцентрового типу. Сівалка забезпечує високу маневреність, універсальність, продуктивність, широкий діапазон норм висіву.

Принцип роботи механізму сівалки заключається в слідуєчому: обертання дисків насіннявисівних і пружинних шнеків туковисіваючих апаратів відбувається від опорно-приводних коліс за допомогою механізму подач. Вакуум в підковоподібній порожнині кришки висіваючого апарату створюється вентилятором, що обертається гідромотором від гідросистеми.

Технічні данні:

Ширина захвату, м	- 5,6
Ширина міжрядій, мм	- 700
Норма висіву насіння, тис.шт/га:	
кукурудза, соняшник, клещевина	- 25-150
сорго	- 50-450
соя	- 200-900
кормові боби	- 150-130
квасоля	- 300-400
люпина	- 500-700
Глибина висіву, мм	- 40-120
Продуктивність, га/год	- 3,9-5,0
Маса, кг	- 1290+39

Сівалка може бути використана для висіву на профільованій поверхні. Використовується у всіх кліматичних зонах, окрім зони гірського землеробства.

Насіння пристають до отворів, що знаходяться в зоні розрядження диска що обертається і транспортуються з забірної камери до місця скидання. Вилучення “зайвого” зерна, що присосалося до отворів, назад в забірну камеру апарату відбувається штирями вилки, що встановлені в забірній камері.

Вал СУПА 00.605 входить до вузла вентилятора (нижній вал) 509.046.2200Б.

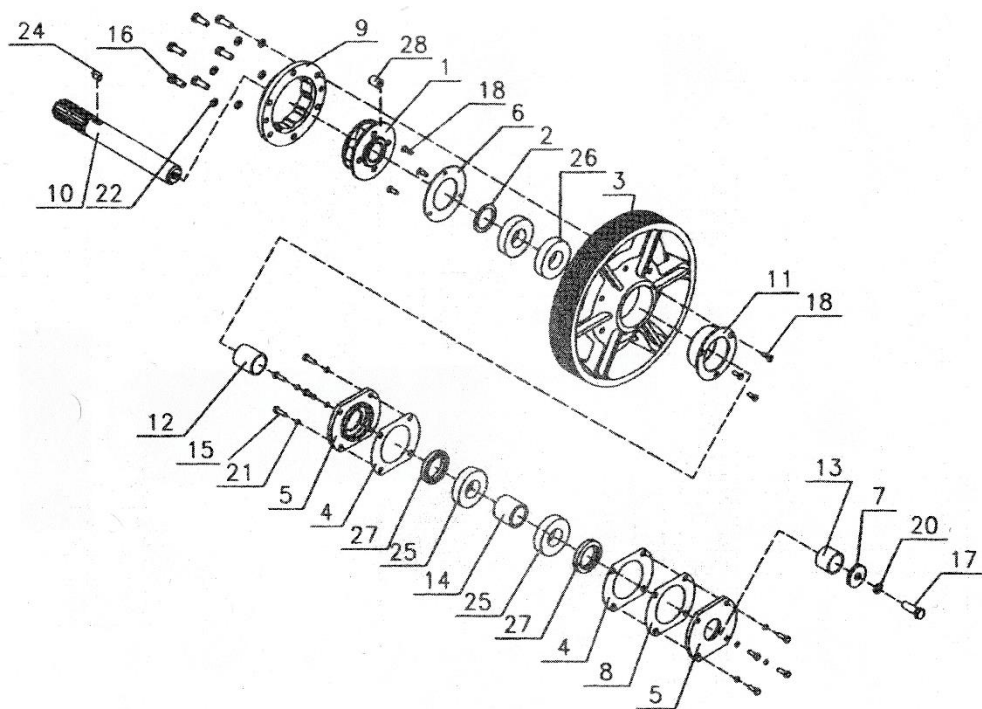


Рисунок 1.1 – Схема вентилятора 509.046.2200Б

Вал поз 10 є складовою частиною вентилятора відцентрованого типу. На ньому збазовано шків 3, за допомогою підшипників. Обертання на вал передається за допомогою клинопасової передачі від гідромотора через проміжний вал (поз 10). Вал має постійну швидкість обертання 1500 об/хв.

1.2 Аналіз технічних вимог до деталі

Деталь – вал СУПА 00.605 виготовляють з сталі 35 і його конфігурація не викликає значних труднощів при виготовленні заготовки. Зовнішні поверхні валу є циліндричними а розміри шийок зменшуються від центру до кінців. Деталь має найбільш раціональну форму, що дозволяє вести обробку її поверхонь більш продуктивними методами. Вал має достатню жорсткість [9-19]. Підвищені вимоги щодо точності пред'являються до шийок $\varnothing 30js6$ і відображені на кресленні деталі як:

- відхиленні шийок від совісності не більш 0.1 мм;
- некруглість шийок $\varnothing 30js6$ не більш 0.05 мм;

Такі вимоги точності пред'являються до поверхонь в залежності від умов роботи деталі у вузлі. Важкодоступних місць для обробки вал не має. Деталь має хороші базові поверхні. Класи шорсткості та точності поверхонь технологічно пов'язані. Для систематизації параметрів точності виконуємо ескіз деталі з позначенням оброблюємих поверхонь і заповнюємо таблицю параметрів точності.

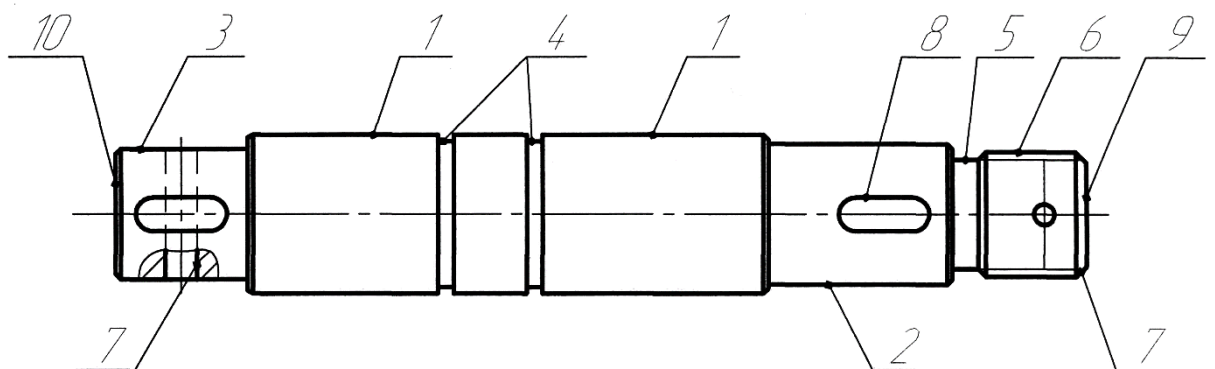
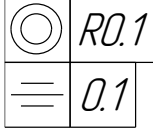


Рисунок 1.2 – Обробляємі поверхні валу СУПА 00.605

Таблиця 1.1 – Параметри точності поверхонь валу СУПА 00.605

№ поверхні	Найменування поверхні	Розмір, мм	Квалітет точності	Точність відносних положень	Точність форми	Шорсткість Ra мкм
1	Шийки	$\varnothing 35 \pm 0,0065$	js6	 $R0.1$ 0.1	—	1.25
2	Завніш.поверх	$\varnothing 25_{-0,13}$	h11	—	—	3,2
3	Циліндр. пов.	$\varnothing 25_{-0,13}$	h11	—	—	3,2
4	Канавки	$1,3^{+0,3}$	H14	—	—	12,5
5	Канавки	$\varnothing 21_{-0,13}$	h11	—	—	12,5
6	Різьбова пов.	M24X2	8g	—	—	12.5
7	Отвори	$\varnothing 5^{+0,3}$	H14	—	—	12,5
8	Паз шпонк.	$8_{-0,051}^{-0,015}$	P9	—	—	3,2
9	Торець	185^{+1}	H14	—	—	12,5
10	Торець	$25 \pm 0,5$	$\pm IT14/2$	—	—	6,3

З проведеного аналізу точності та технологічності деталі можна зробити висновок, що технічних вимог задано достатньо. Задані розміри можна виміряти за допомогою стандартного вимірювального інструменту. Деталь технологічна. Але для досягнення вимог щодо точності поверхонь деталі необхідно ввести штучну технологічну базу - вісь центрових отворів.

Деталь вал СУПА 00.605 з точки зору технології обробки в цілому технологічна.

Вимоги до взаємного розміщення поверхонь знаходяться в границях установлених квалітетів.

Поверхні, що обробляються, є легкодоступними, обробляються стандартним ріжучим інструментом і контролюються стандартними вимірювальними пристроями та інструментами.

При обробці вводиться штучна технологічна база – вісь деталі.

1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва у відповідності з ДСТУ3.110-74 вибирається по коефіцієнту закріплення операції K_{30} , який визначається з формули:

$$K_{30}=O/P, \quad (1.1)$$

де O – кількість різних операцій, що виконуються по базовому технологічному процесу на дільниці протягом прийнятого календарного терміну;

P – кількість робочих місць, що забезпечують (за трудомісткістю) виконання операцій базового технологічного процесу при заданій програмі випуску деталей.

Використовуючи дані базового технологічного процесу на розробляєму деталь вал СУПА 00.605, тип виробництва розраховуємо за допомогою комп'ютера, що значно скорочує об'єм і час розрахунку.

Результати визначення типу виробництва приведені нижче.

Розрахунок типу виробництва

Вал СУПА 00.605

Вихідні дані

Програма випуску 2000

Номер операції	дійсний річний фонд часу роботи обладнання	штучний час
5	3985	2.6700
10	3985	1.1600
15	3985	2.4900
20	3985	3.0500
25	3985	0.8900
30	3985	1.0900
35	3985	2.6800

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	кількість операцій на даному верстаті
5	0.0279	1	28.66
10	0.0121	1	65.96
15	0.0260	1	30.73
20	0.0319	1	25.09
25	0.0093	1	85.97
30	0.0114	1	70.19
35	0.0280	1	28.55

Коефіцієнт закріплення операцій 27.87725

Тип виробництва - дрібносерійний

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Технологічний процес механічної обробки валу СУПК 00.605 складається з 8 основних операцій. Деталь має нескладну геометричну форму тому і має типову технологію обробки. Вказаний матеріал на виготовлення задовольняє експлуатаційним вимогам деталі та її службовому призначенню.

Розташування верстатів на дільниці строго за технологічною ознакою, що дозволяє отримати задану точність та якість поверхонь. Але, в діючому технологічному процесі використовуються гідро копіювальні верстати, які характерні для крупносерійного та масового виробництва. Враховуючі нинішні умови які складаються на виробництві необхідно розробити технологічний процес для умов серійного та дрібносерійного виробництва з використанням верстатів з ЧПК. Ці верстати є досить швидко переналагоджуються на продукцію другої номенклатури, і відповідають даному типу виробництва.

Заготовкою для валу є прокат.

Вибір чорнових та чистових баз виконано вірно. Видержується принципи єдності та постійності баз. Але на шпонково фрезерний операції виникає питання вимірювання висоти шпонкового пазу. При встановленні деталей в призму буде виникати похибка базування, яку необхідно врахувати при проектуванні пристосування [12,15].

Діючий технологічний процес відповідає основним положенням та принципам проектування технологічних процесів.

2.2 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 бакалаврської роботи.

2.3 Вибір способу отримання заготовки

Деталь вал – СУПА 00.605 виготовляється сталі 35 ДСТУ 1050-85.

Данні про хімічний склад та механічні властивості матеріалу заносимо до таблиць 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад матеріалу валу СУПА 00.605

Матеріал заготовки	C, %	Cr, %	Mn, %	Ni, %	Si, %
Сталь 35	0,33-0,41	0,24	0,51-0,78	0,032	0,16-0,36

Таблиця 2.2 – Механічні властивості матеріалу валу СУПА 00.605

Матеріал заготовки	σ_p , кгс/мм ²	$\sigma_{вр}$, кгс/мм ²	НВ
Сталь 35	55	32,5	186

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 вищенаведені дані, так як між ними існує тісний взаємозв'язок [5-7].

У відповідності з умовами експлуатації вал СУПА 00.605 та його службовим призначенням, для його виготовлення прийнято сталь 35 ДСТУ1050-85.

Деталь працює в умовах знакоперемінних зусиль при небажаному впливі рідини, повітря та значних коливань температури, тому вибраний матеріал цілком відповідає вимогам по корозійній стійкості та довговічності.

На підставі аналізу методів виготовлення заготовок для деталей аналогічних конструкційних форм в якості заготовки можна прийняти поковку по 1 класу точності, по ДСТУ 7505-74 або прокат круглого поперечного перерізу 36 за ДСТУ 2590 – 71.

Перший метод отримання заготовки дозволить отримати її наближеною по формі до деталі що зменшить кількість металу що відійде в стружку, але він є значно дорожчим в порівнянні з прокатом. Але оскільки деталь вал СУПА00.605 не має значних перепадів діаметральних розмірів, то при використанні прокату, відповідного діаметру, відхід матеріалу в стружку

буде не значний, а в поєднанні з нижчою вартістю методу отримання заготовок, визнаємо оптимальною заготовкою – прокат.

Остаточно приймаємо в якості заготовки для вал СУПА 00.605 прокат – Круг ВЗ6 за ДСТУ 2590 – 71. Так як метод виготовлення заготовки для даної деталі не змінюється, то економічне обґрунтування проводити не потрібно.

2.4 Побудова маршрутів обробки окремих 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 [20-29].

Розрахуємо по кожній оброблюваній поверхні величину необхідного загального уточнення:

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

де $\delta_z; \delta_o$ - відносно допуск на розмір заготовки та деталі по заданій поверхні;

Вибираєм маршрут обробки поверхні з визначенням уточнення по кожному переходу:

$$Ei = \delta i_{-1} / \delta i \quad (2.2)$$

де δi_{-1} , δi відповідно допуск на розмір поверхні для попереднього та послідуєчих переходів.

Визначають загальне дійсне уточнення розміру поверхні:

$$E_d = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \dots \cdot E_M; \quad (2.3)$$

де M – число переходів обробки поверхні деталі.

В якості прикладу наведемо вибір маршруту обробки найбільш точної поверхні $\varnothing 30js6(\pm 0.0065)$.

Розраховуємо загальне уточнення за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\delta_z}{\delta_o} = \frac{0,34}{0,013} = 26.2,$$

Перший маршрут:

- точіння чорнове – h12 – $R_a = 12.5$;
- точіння чистове – h10 – $R_a = 6.3$;
- шліфування чорнове – h8 – $R_a = 3.2$;
- шліфування чистове – h6 – $R_a = 2.5$.

Другий маршрут:

- точіння чорнове – h12 – $R_a = 12.5$;
- шліфування чорнове – h9 – $R_a = 6,3$;
- шліфування чистове – h6 – $R_a = 2.5$.

Вибираємо уточнення по кожному проміжному методу обробки із таблиць економічної точності [8] вибираємо допуски на обробку і розраховуємо частинні уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,34}{0,27} = 1.26;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,27}{0,11} = 2.5;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,11}{0,043} = 2.6;$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0,043}{0,013} = 3.3;$$

Частинне уточнення для другого маршруту обробки:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,34}{0,27} = 1.26;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,27}{0,064} = 4.22;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,064}{0,013} = 4.92;$$

Достатність і економічну доцільність вибору маршруту обробки перевіряємо за умовою фактичного уточнення:

$$\varepsilon_{\text{заг}} \leq \varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3; \quad (2.4)$$

1 маршрут:

$$\varepsilon_{\phi} = 1.26 \cdot 2.5 \cdot 2.6 \cdot 3.3 = 27.2 > \varepsilon_{\text{заг}} = 26.2.$$

2 маршрут:

$$\varepsilon_{\phi} = 1.26 \cdot 4.22 \cdot 4.92 = 26.2 = \varepsilon_{\text{заг}} = 26.2.$$

Таким чином більш прийнятним є маршрут по другому варіанту, бо він містить меншу кількість переходів і E_d^2 більш наближено до E_3 .

Вибір маршрутів обробки інших поверхонь наведені в таблиці 2.3.

Номери поверхонь наведені на рисунку 1.2.

Таблиця 2.3 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі вал СУПА00.605

№ пов	Допуск на поверхню δ_d , мм	Допуск на заготовку δ_3 , мм	Загальне уточнення, E_3	Шорсткість поверхні, R_a , мкм	Можливі варіанти маршрутів обробки		Допуск на методи обробки	Уточнення по технологічній послідовності
					№	Зміст маршруту		
9, 10	1,0	2,0	2,0	12,5	1	Точіння одноразове	1,0	2,0
7	0,3	-	-	12,5	1	Свердлування отвору	-	-
2, 3	0,16	0,34	2,13	3,2	1	Точіння чорнове	0,16	2,13
						Точіння чистове	0,13	1,23
4, 5	0,3	-	4-	12,5	1	Точіння канавки	-	-
1	0,013	0,34	26,2	2,5	1	Точіння чорнове	0,27	1,26
						Точіння чистове	0,11	2,5
						Шліфування чорнове	0,043	2,6
						Шліфування чистове	0,013	3,3
					2	Точіння чорнове	0,27	1,26
						Шліфування чорнове	0,064	4,22
						Шліфування чистове	0,013	4,92
6	-	0,34	-	12,5	1	Нарізання різі	-	-
8	0,036	0,34	-	12,5	1	Фрезерування пазу	0,36	-

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

При розробці маршруту обробки вал СУПА 00.605, керуємося типовими та діючими технологічними процесами виготовлення даної деталі та спільними рекомендаціями по розробці технологічних процесів.

При розробці першої вибираємо таку схему базування, яка б забезпечила знімання рівномірного припуску з поверхонь деталі. Від підготовки на першій операції технологічної бази плануємо обробку інших поверхонь. В останню чергу повинні оброблятися найбільш точні поверхні та ті, що легко псуються.

При проектуванні маршруту обробки необхідно прагнути до скорочення кількості переустановок деталі з верстата на верстат, та скорочення відстані транспортування деталей.

Технічний контроль в технологічному процесі передбачається в кінці технологічного процесу. На операціях технічний контроль здійснюється робітниками-верстатниками вибірково.

Розробимо маршрут обробки деталі вал СУПА00.605.

005 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний з ЧПК – SL-10 фірми HAAS

1. Установити деталь.
2. Підрізати торець.
3. Свердлувати центровий отвір.
4. Перевернути деталь.
5. Підрізати торець.
6. Свердлувати центровий отвір.
7. Точити шийку валу начорно.
8. Точити шийку валу начисто та фаску.
9. Зняти деталь.

015 Токарна з ЧПК

Верстат – токарний з ЧПК – SL-10 фірми HAAS

1. Установити деталь.
2. Точити довгий кінець валу.
3. Точити шийку Ø27 начорно.
4. Точити шийку Ø25 начисто.
5. Точити цапфу Ø23,95 мм.
6. Точити канавку 5 мм.
7. Точити канавки 1,3 мм.
8. Зняти деталь.

020 Шпоночно-фрезерна

Верстат – шпоночно-фрезерний 692М

1. Установити деталь.
2. Фрезерувати шпоночний паз.
3. Переустановити деталь.
4. Фрезерувати другий шпоночний паз.
5. Зняти деталь.

025 Вертикально – свердлувальна

Верстат – вертикально свердлильний – 2Н125

1. Установити деталь.
2. Свердлувати отвір Ø5 мм.
3. Переустановити деталь.
4. Свердлувати отвір Ø5 мм.
5. Зняти деталь.

030 Токарно – гвинторізна

Верстат – токарно-гвинторізний – 16К20

1. Установити деталь.
2. Нарізати різь.
3. Зняти деталь.

035 Круглошліфувальна

Верстат – круглошліфувальний – 3Б151

1. Установити деталь.
2. Шліфувати шийку валу.
3. Зняти деталь.

040 Безцентровошліфувальна

Верстат – безцентровошліфувальний – 3М184

1. Установити деталь.
2. Шліфувати шийку валу.
3. Зняти деталь.

045 Слюсарна

Верстак

1. Спиляти заусенці.

050 Контрольна

2.6 Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз керуємося принципом єдності та постійності баз.

Оскільки деталь вал СУПА00.605 є тілом обертання, то в якості технологічної бази використаємо вісь центрів. Чорною базою слугуватиме зовнішня циліндрична поверхня.

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

2.7 Розробка структури та змісту технологічних операцій

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.

Розробимо структуру та зміст операцій технологічного процесу деталі вал СУПА 00.605 занесемо дані до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зміст операцій технологічного процесу обробки валу СУПА 00.605

Операція	Верстат	Ескіз обробки та схема базування	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК SL-10 фірми HAAS		1. Установити деталь. 2. Точити торець, витримавши розмір 1. 3. Центрувати отвір, витримавши розміри 2, 3, 4, 5. 4. Перевстановити деталь. 5. Точити торець, витримавши розмір 6.

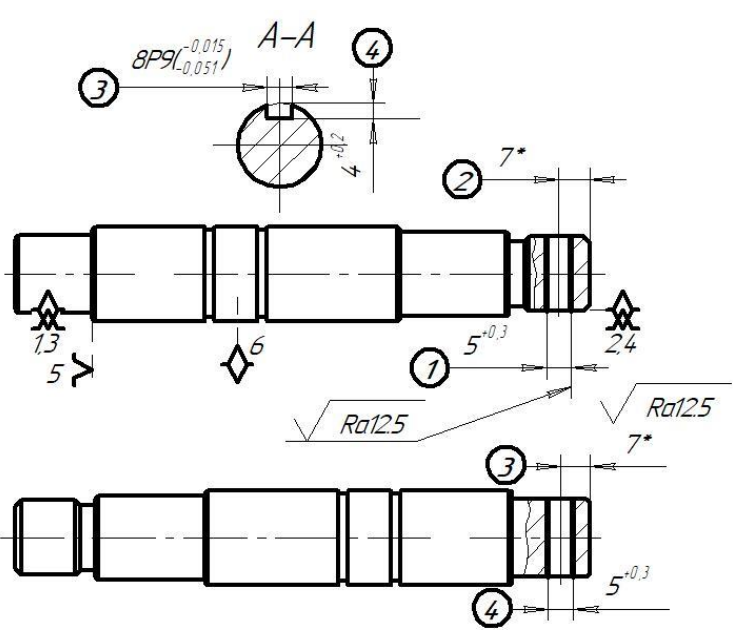
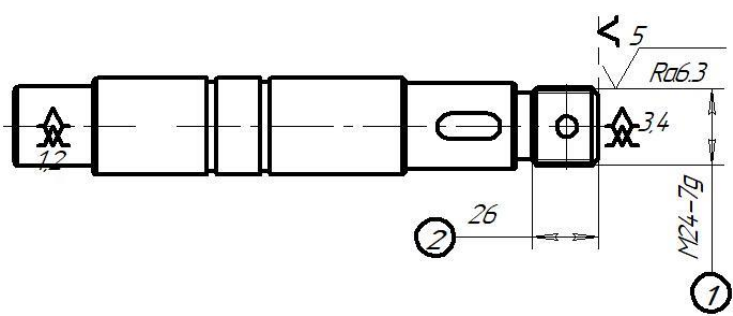
Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
			6. Центрувати отвір, витримавши розміри 7, 8, 9, 10. 7. Точити поверхню, витримавши розміри 11, 12. 8. Точити шийку, витримавши розміри 13, 14, 15. 9. Зняти деталь.
015 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК SL-10 фірми HAAS		1. Установити деталь. 2. Точити поверхню, витримавши розмір 1. 3. Точити поверхню, витримавши розміри 2, 3. 4. Точити поверхню, витримавши розміри 4, 5.

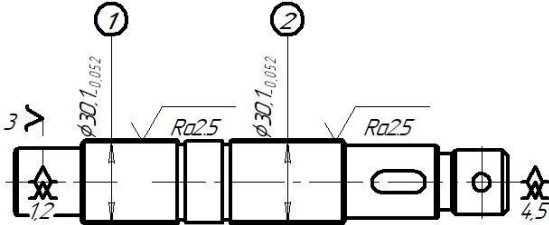
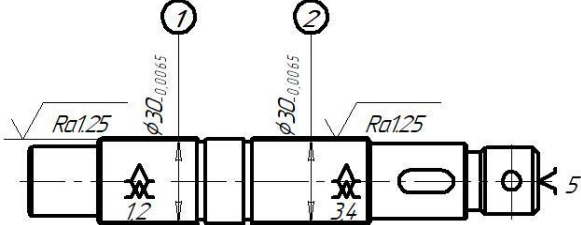
Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
			5. Точити поверхню, витримавши розміри 6, 7. 6. Точити канавку, витримавши розміри 8, 9, 10. 7. Точити канавку, витримавши розміри 11, 12, 13, 14. 8. Зняти деталь.
020 Шпоночно-фрезерна	Шпоночно-фрезерний 692М		1. Установити деталь. 2. Фрезерувати шпоночний паз, витримавши розміри 1, 2, 3, 4. 3. Перевстановити деталь. 4. Фрезерувати шпоночний паз, витримавши розміри 3, 4, 5, 6. 5. Зняти деталь.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
025 Вертикально свердлильна	Вертикально свердлильний 2Н125		1. Установити деталь. 2. Свердлити отвір, витримавши розміри 1, 2. 3. Перевстановити деталь. 4. Свердлити отвір, витримавши розміри 3, 4. 5. Зняти деталь.
030 Токарна	Токарно-гвинторізний 16К20		1. Установити деталь. 2. Нарізати різь, витримавши розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
035 Кругло шліфувальна	Кругло-шліфувальний ЗБ151		1. Установити деталь. 2. Шліфувати шийки, витримавши розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.
040 Безцентровошліфувальна	Безцентровошліфувальний ЗМ184		1. Установити деталь. 2. Шліфувати шийки, витримавши розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.

2.8 Вибір верстатних пристроїв, ріжучих і мірильних інструментів

Вибираємо пристосування у відповідності з операційними ескізами, що необхідні для виконання операцій, згідно прийнятих технологічних процесів механічної обробки деталі вал.

Стисла технічна характеристика вибраних затискних пристроїв приведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Затискні пристрої для деталі вал СУПА 00.605

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт код	Вид приводу
005	Патрон 3х кулачковий	7100-0009	Механічний
015	Патрон	ПБК-250	Механічний
020	Фрезерний пристрій	7122-4167	Пневматичний
025	Кондуктор	134-476	Пневматичний
030	Патрон 3х кулачковий	7100-0009	Механічний
035	Хомутик	7107-0064	Механічний

Відомості про обраний інструмент заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Різальний інструмент для обробки деталі вал
СУПА 00.605

Номер	Номер	Найменування різального інструменту	Стандарт	Різальна частина	
				Марка	Стандарт
005	2, 5	Різець прохідний	21151-75	T15K6	3882-74
	3, 6	Свердло центровочне	2317-0020	P6M5	19565-74
	7, 8	Різець прохідний упорний	2101-0117	T15K6	3882-74
015	2...5	Різець прохідний	21151-75	T15K6	3882-74
	6	Різець канавочний	20872-80	T5K10	3882-74
	7	Різець канавочний	K014525- 000	T5K10	3882-74
	8	Різець	2115--75	T15K6	3882-74
020	2, 4	Фреза шпонкова Ø8	10902-80	P6M5	19565-74
025	2, 4	Свердло Ø4,9	10903-77	P6M5	19565-74
030	2	Плашка M24X2	9740-77	P6M5	19565-74
035	2, 4	Круг шліфувальний ПП600X32X305	2424-80	25AYOC	3647-71
040	2	Круг шліфувальний ПП450X32X305	2424-80	2A16CH1	3647-71

Таблиця 2.7 – Контрольний інструмент для деталі вал СУПА00. 605

Номер операції	Номер переходу	Контролю- ємий параметр	Найменування вимірювальних інструментів та пристроїв	Стандарт
005	2,5	185±0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-250-01	166-80
	7	Ø27 _{-0,16}	Штангенциркуль ШЦ-I-150-01	166-80
	8	Ø25 _{-0,13}	Штангенциркуль ШЦ-I-150-01	166-80
	8	Фаски	візуально	----
015	2	Ø30,5 _{-0,16}	Штангенциркуль ШЦ-I-150-01	166-80
	3	Ø27 _{-0,13}	Скоба Ø27 _{-0,13}	18362-80
	3,4	31±0,5	Шаблон	Спец.
	4	Ø25 _{-0,13}	Скоба Ø25 _{-0,13}	18362-80
	5	Ø29,95 _{-0,05}	Скоба Ø29,95 _{-0,05}	18362-80
		326±0,3	Шаблон	спец
	6	5* Ø21	Штангенциркуль ШЦ-I-250-01	166-80
	7	1,3 ^{+0,3}	Калібр 1,3 ^{+0,3}	спец
	8	Фаски	----	----
020	2,4	8 _{-0,015 -0,051}	Калібр 8P9	спец
025	2,4	Ø5 ^{+0,3}	Штангенциркуль ШЦ-I-250-01	166-80
030	2	M24-7g	Кільце 8221-0093	17763-72
035	2	Ø30,1 _{-0,052}	Скоба Ø30,1 _{-0,052}	18362-80
040	2	Ø30±0,0065	Скоба Ø30±0,0065	18362-80

2.9 Визначення припусків та операційних розмірів деталі

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку.

Проводимо розрахунок припусків для поверхні валу $\varnothing 30js6(\pm 0.0065)$.

Мінімальний припуск визначаємо по формулі:

$$Z_{\min} = a + v + D^m + cL^n \quad (2.5)$$

де a - частина припуску яка необхідна для знімання дефектного шару;

$v + D^m + cL^n$ - частина припуску яка необхідна для компенсації просторових відхилень.

Коефіцієнт a , v , c і показники m і n визначенні шляхом аналізу і обробки довідково-нормативних таблиць методом найменших квадратів.

Технологічні маршрути обробки поверхні $\varnothing 30js6$ складається:

- точіння;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове.

Мінімальний припуск під точіння по формулі (2.5):

$$Z_{\min 1} = 101D^{0.1} + 0,0007L - 0,821 = 1,01 \times 30^{0.1} + 0,0007 \times 100 - 0,821 = 1,01 \times 1,4 + 0,07 - 0,821 = 0,66 \text{ мм}$$

Мінімальний припуск під шліфування формулі (2.5):

$$Z_{\min 2} = -0,0127 + 0,0713 \times D^{0.15} + 0,00021L = -0,0127 + 0,0713 \times 30^{0.15} + 0,00021 \times 100 = 0,13 \text{ мм}$$

Мінімальний припуск під чистове шліфування формулі (2.5):

$$Z_{\min 3} = -0,0064 + 0,0356 \times D^{0,16} + 0,00041L = -0,00064 + 0,0356 \times 100^{0,16} + 0,021 = 0,08 \text{ мм}$$

Максимальні припуски визначаємо по формулі:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min i} + \delta_{Di-1} - \delta_{Di} \quad (2.6)$$

- під точіння одноразове по формулі (2.6):

$$2Z_{\max 1} = 2 \times 0,66 + 0,34 - 0,16 = 2 \times 0,75 \text{ мм}.$$

- під шліфування чорнове по формулі (2.6):

$$2Z_{\max 2} = 2 \times 0,23 + 0,16 - 0,052 = 2 \times 0,28 \text{ мм}.$$

- під шліфування чистове по формулі (2.6):

$$2Z_{\max 3} = 2 \times 0,08 + 0,052 - 0,013 = 2 \times 0,1 \text{ мм}.$$

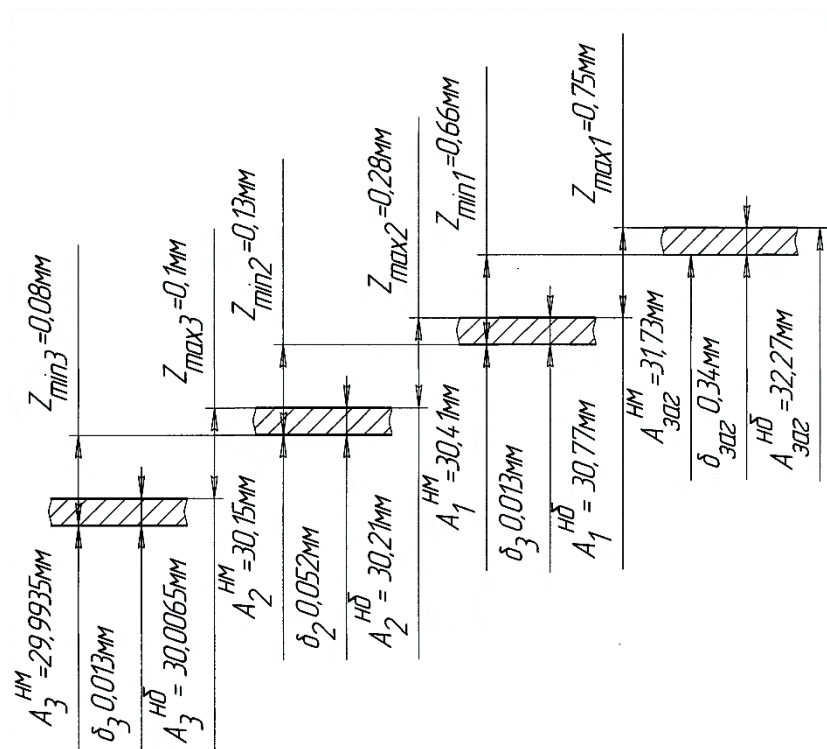


Рисунок 2.1 – Схема розміщення припусків та допусків на обробку поверхні

Ø30js6 (±0,0065)

Визначаємо операційні розміри:

$$A_3^{HM} = 29,9935 \text{ мм}$$

$$A_3^{HB} = 30,0065 \text{ мм}$$

$$A_2^{HM} = 29,9935 + 2 \times 0,08 = 30,1535 \text{ мм}$$

$$A_2^{HB} = 30,0065 + 2 \times 0,1 = 30,2065 \text{ мм}$$

$$A_1^{HM} = 30,1535 + 2 \times 0,13 = 30,4135 \text{ мм}$$

$$A_1^{HB} = 30,2065 + 2 \times 0,28 = 30,7665 \text{ мм}$$

$$A_{заг}^{HM} = 30,4135 + 2 \times 0,66 = 31,7335 \text{ мм}$$

$$A_{заг}^{HB} = 30,7665 + 2 \times 0,75 = 32,2665 \text{ мм}$$

На інші поверхні припуски та допуски назначаємо по нормативам та зносимо у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця припусків на обробку деталі вал СУПА00. 605

Поверхня	Розмір	Припуск		допуск
		табличний	визначений	
1	Зовня циліндрична $\varnothing 30js6(\pm 0.0065)$	-	2X1,0	-0,34
2, 3	Зовня циліндрична $\varnothing 25_{-0,13}$	2X3,5	-	-0,34
6	Різьбова поверхня M24X2-7g	2X4,0	-	-0,34
9, 10	Торці $185 \pm 0,5$	2X1,5	-	$\pm 1,0$
7	Отвір $\varnothing 5^{+0,3}$	2X2,5	-	-

2.10 Розрахунок режимів різання

Для визначення режимів різання для 025 операції – вертикально свердлильної, використаємо програмний продукт фірми АСКОН – Компас-Автопроект.

Після запуску модулю Автопроект-Технологія на вкладці переходи заповнюємо поля, що стосуються даної операції, зокрема установочний перехід, затискний пристрій, основний перехід, ріжучий інструмент.

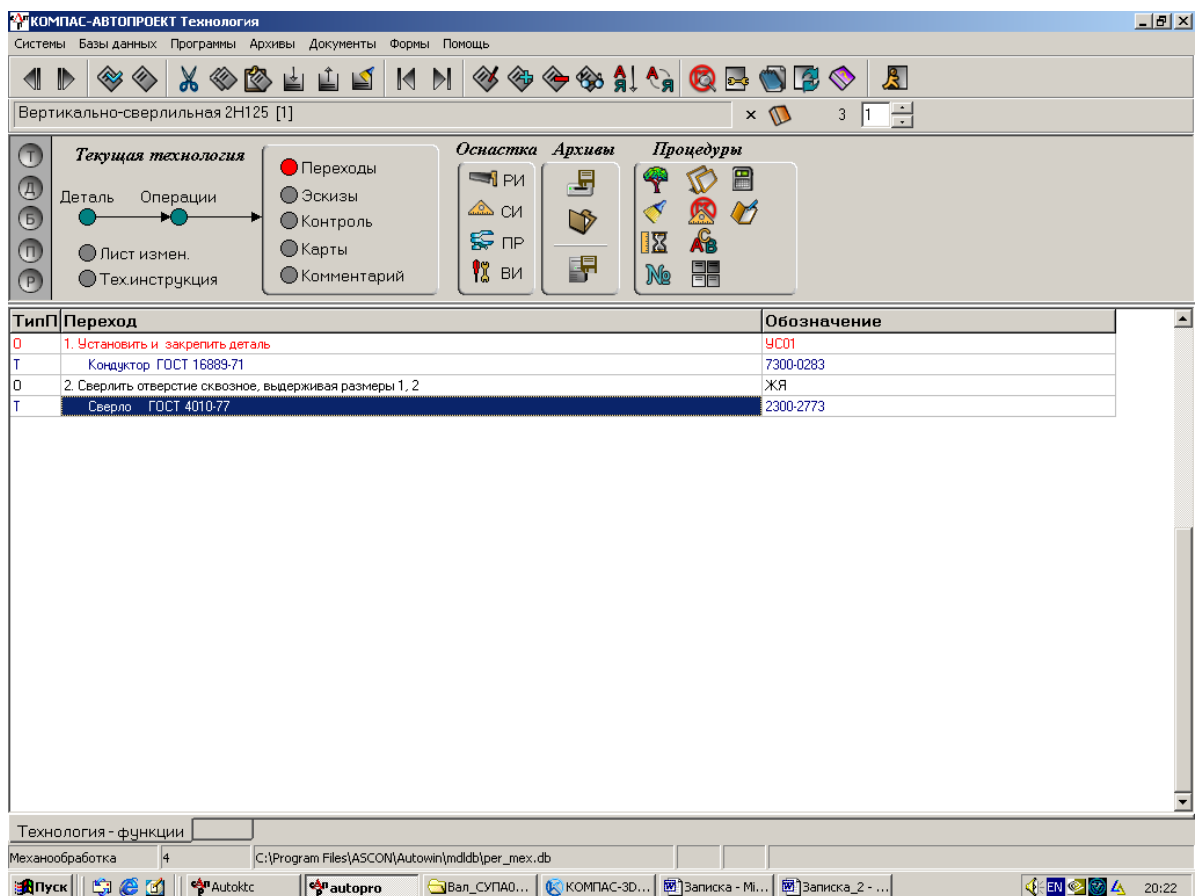


Рисунок 2.2 – Вікно модуля Автопроект-Технологія на вкладці переходи

Запускаємо модуль розрахунку режимів різання.

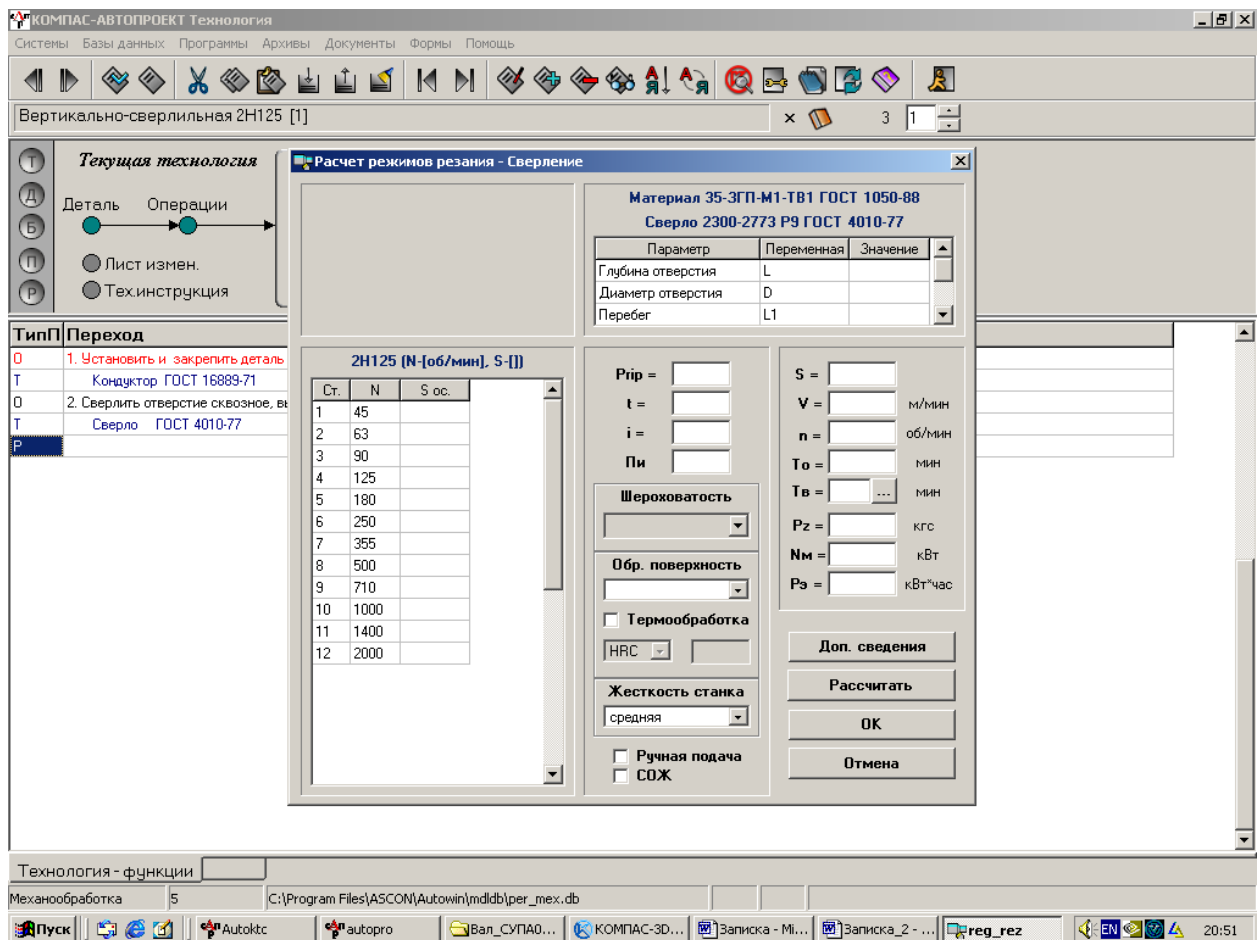


Рисунок 2.3 – Вікно модуля “Розрахунок режимів різання”

Заповнюємо поля:

“Глибина отвору” (L) – 24 мм.

“Діаметр отвору” (D) – 5 мм.

“Перебіг” (L1) – 5 мм.

“Глибина різання” (t) – 2,5 мм.

“Кількість проходів” (i) – 1.

“Позиція інструмента” (Pi) – 1.

Натискаємо кнопка ”Розрахувати”.

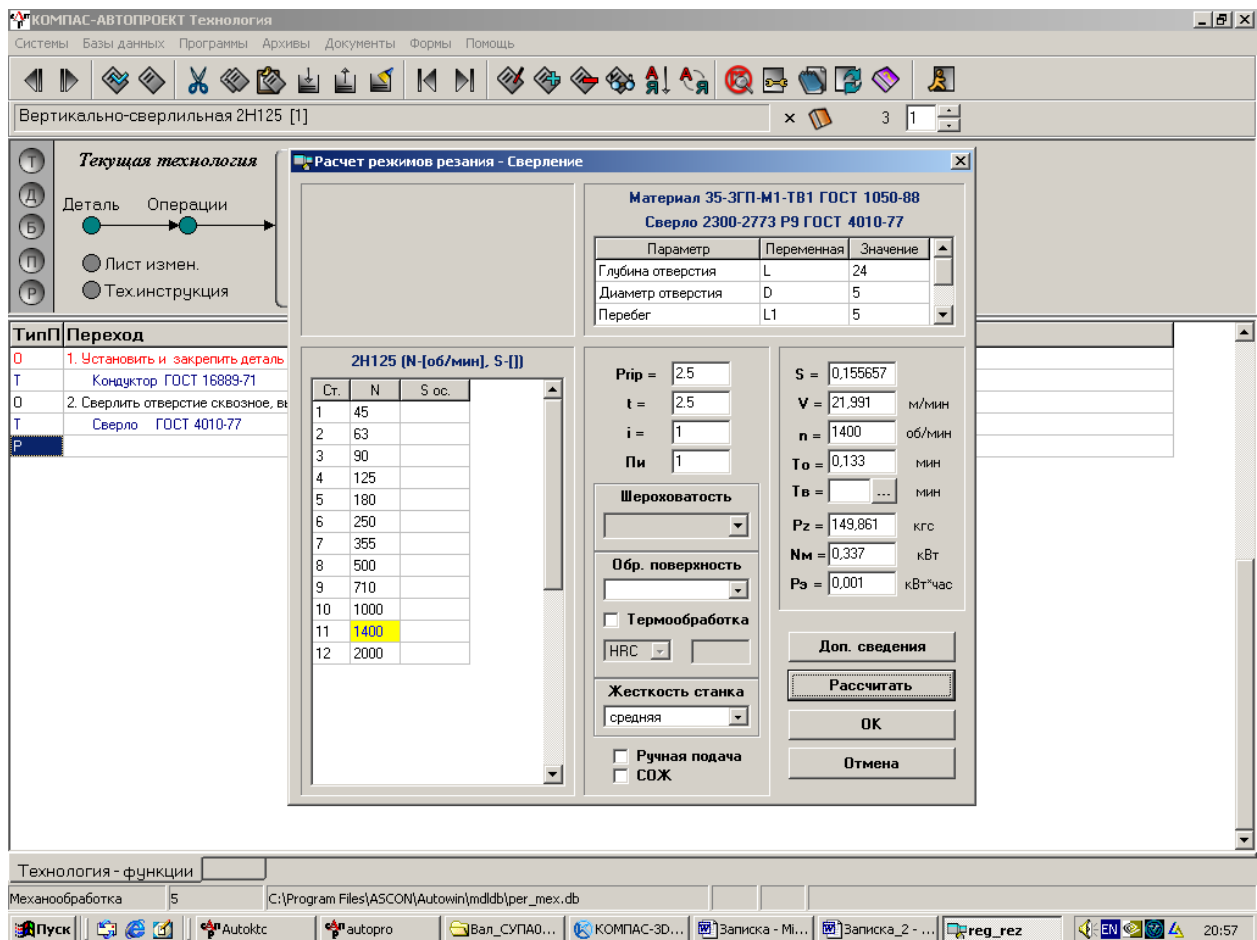


Рисунок 2.4 – Вікно модуля “Розрахунок режимів різання” з результатами розрахунку

Результати розрахунку:

Подача – $S = 0.15$ об/хв.;

Швидкість різання – $V = 22$ м/хв.;

Частота обертання шпинделя – $n = 1400$ об/хв.;

Сила різання – $P_z = 150$ кГс;

Основний час – $T_o = 0.13$ хв.

Оскільки послідовно обробляються два отвори, то:

$$T_o = 0,13 \cdot 2 = 0,26 \text{ хв.}$$

На решту операцій елементи режимів різання визначаємо за нормативними документами. Визначені величини елементів режимів різання заносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Режими різання для обробки вал СУПА00. 605

Номер опер.	Номер перех	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв. ⁻¹	L _{p.x.} мм	t _{o.xв}
005	2, 5	2,0	0,25	----	63	1000	18	0,18X2=0,36
	3, 6	2,0	0,04	----	18	1000	13	0,82X2=1,64
010	2, 3	2,5	0,36	----	53,4	630	27	0,12X2=0,24
	4	1	0,36	----	52	630	3	0,07
015	2...5	1,5	0,4	----	54	1000	162+63+ +63+28	0,79
	6, 7	5	0,04	----	51	1000	5	0,12
020	2, 4	8,0	----	450	25	1000	480	1,1X2=2,2
025	2, 4	2,5	0,15	----	22	1400	24	0,13X2=0,26
030	2	2	2	----	0,94	12,5	28	1,12
040	2	0,05		1,38	47	1337	----	2,17

2.11 Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій визначаємо розрахунковим методом.

Виконаємо розрахунок штучно-калькуляційного часу для 015 операції токарної з ЧПК.

Основний технологічний час операції $t_o = 0,79$ хв;

Визначаємо допоміжний час, який складається з:

- час на встановлення та закріплення деталі, одночасно оброблюється десять деталей: $t_{д1} = 0,35 + 0,024 = 0,374$ хв;

- додатковий час пов'язаний з операцією, прийоми керування верстатом: $t_{д2} = 0,01 + 0,03 + 0,11 = 0,15$ хв;

- час на контрольні вимірювання: $t_{д3} = 0,036$ хв.

Поправочний коефіцієнт на додатковий час при серійному типі виробництва $k = 1,85$.

Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_d = t_{d1} + t_{d2} + t_{d3} = (0,374 + 0,15 + 0,036) \cdot 1,85 = 1,04 \text{ хв};$$

Час на організаційні та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, визначаємо як 8% від оперативного часу:

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (T_0 + T_d) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{tex} + \alpha_{орг} + \alpha_{осп}}{100}\right); \quad (2.7)$$

$$T_{шт} = (0.79 + 1.04) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1.97;$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/n; \quad (2.8)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час;

$n = 2000$ шт – річна програма випуску деталей;

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{пз} = 14 + 4 + 7 = 25 \text{ хв};$$

Отже у відповідності до формули (2.8), маємо:

$$T_{шт-к} = 1,97 + 25/2000 = 1,971 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку норм часу на інші операції заносимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати технічного нормування

№ опер.	t _о , хв	t _д , хв	t _{тех} ,	t _{орг} ,	t _{осп} ,	t _{шт} , хв	t _{п-з} , хв	t _{шт-к} , хв
005	2,0	0,47		0,19		2,67	29	3,57
010	0,25	0,82		0,11		1,16	15	1,63
015	0,79	1,04		0,17		1,97	25	1,971
020	2,2	0,62		0,2		3,05	17	3,58
025	0,26	0,54		0,11		0,89	13	1,29
030	1,12	0,43		0,19		1,90	15	2,37
035	1,79	0,31		0,17		2,21	11	2,86
040	2,17	0,31		0,2		2,68	11	3,02

2.13 Розробка траєкторії рухів інструментів та розрахунок координат опорних точок та розробка програм керування

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

Координати опорних точок для 015 операції представлені в графічній частині проекту, на переробленому кресленні деталі вал СУПА00.605.

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, на схемах механічної обробки.

Програма керування обробкою деталі розробляється у відповідності з прийнятою на даному верстаті системою оперативного керування ЧПК. На токарному верстаті з ЧПК, що використовується на 015 операції встановлено ОПУ 2Р22.

Програма керування

№1 S31000 F0.4 T1

№2 X30.5 Z2.5 E

№3 Z-162

№4 X32

№5 X110 Z50 E

№6 S31000 F0.4 T2

№7 X27 Z2.5 E

№8 Z-61

№9 X30

№10 X110 Z50 E

№11 S31000 F0.4 T3

№12 X25 Z2.5 E

№13 Z-61

№14 X30

№15 X110 Z50 E

№16 S31000 F0.4 T4

№17 X23.95 Z2.5 E

№18 Z-26

№19 X27

№20 X110 Z50 E

№21 S31000 F0.04 T5

№22 X28 Z-31 E

№23 X31

№24 X21

№25 X110 Z50 E

№26 S31000 F0.04 T6

№27 X32 Z-124 E

№28 X28

№29 X32

№30 Z-104

№31 X28

№32 X32

№33 X110 Z50 E

№34 M04

№35 M02

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технології обробки деталі вал СУПА 00.605, який входить до складу нижнього валу вентилятора 509.046.2200Б.

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. Здійснено вибір сучасного технологічного обладнання, різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : посібник. Львів : Світ, 2001. 296 с.
4. Боровик О. В., Малашин М. О. Довідник з креслення. Стандарти ISO : навчально-методичний посібник. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2014. 104 с.
5. 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.
6. Pavlenko I. I. Robotic technological complexes: monograph / I. I. Pavlenko, V. A. Mazhara; under the editorship I. I. Pavlenko. – Kropyvnytskyi: KOD, 2019. – 382 p.
7. Мажара В. А., Годунко М. О. Основи гнучкого автоматизованого виробництва. – 2018.
8. 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.
9. Павленко І.І., Мажара В.А. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів // Збірник наукових праць. – Вип. 17 Краматорськ: ДДМА, 2005. – С. 131 – 137.

10. 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.
11. 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.
12. Мажара В. А., Артюхов А. М., Тененика С. А. Проектування затискних пристроїв та оснащення. Самостійна робота. – 2024 – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 44 с.
13. 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.
14. Мажара В.А. Комп'ютерна статистика в технології машинобудування. – 2017. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 52 с.
15. Мажара, В. А., Щербина, К. К., Артюхов, А. М., Тененика, С. А., & Шестаков, І. С. (2024). Система автоматизованого проектування технологічного оснащення. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.
16. Мажара В. А., Тененика С. А. Використання двозахватних промислових роботів на позиціях допоміжних пристроїв – НАУ «ХАІ», 2025.
17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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).

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

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. 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.

27. Щербина К., Заїка А., Заїка С., Мажара В., Скібінський Я. Управління точністю нарізання черв'ячних коліс збірними черв'ячними фрезами з поділенням на дві частини профілем інструментальної рейки // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. - Хмельницький: ХНУ, 2025. - №2 (349). - С.364-370.

28. 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.

29. Павленко, І. І., & Мажара, В. А. (2006). Дослідження впливу використання двозахватних пристроїв на продуктивність роботи РТК.