

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
« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

Розробка технологічного оснащення для виготовлення корпусу та вала головки кутової ГУ 90

Виконав здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ТМ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Євгеній КОБЕРГА

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Кирил ЩЕРБИНА

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніка і робототехніка
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

Завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
канд. техн. наук., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Коверга Євгеній Олександрович

Тема роботи:

Розробка технологічного оснащення для виготовлення корпусу та вала головки кутової ГУ 90

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Кирил ЩЕРБИНА

Затверджено наказом ЦНТУ від _____ 2025 року №

Строк подання роботи до захисту

20 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікації роботи:

Мета: розробка технологічного оснащення для виготовлення деталі корпусу та вала головки кутової ГУ-90.

Завдання: обґрунтувати актуальність теми та напрямок розрахунків, провести розрахунок технологічного оснащення та вимірального інструменту.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	14.02.2025	
2	Виконання загальної частини	28.02.2025	
3	Виконання конструкторської частини	31.03.2025	
4	Розробка креслеників	30.04.2025	
5	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	12.05.2025	
6	Перевірка роботи на академічний плагіат	02.06.2025	
7	Рецензування роботи	12.06.2025	
8	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2025	

Дата видачі завдання
3 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Євгеній КОБЕРГА

Керівник роботи _____ Кирил ЩЕРБИНА

АНОТАЦІЯ

Коверга Є.О. Розробка технологічного оснащення для виготовлення деталі рейка-поршень кульково-гвинтового гідропідсилювача: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. К.К. Щербина; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 40 с.

Креслеників – разом 3 аркушів формату А1

Метою роботи є розробка технологічного оснащення для виготовлення деталі корпусу та вала головки кутової ГУ-90.

Актуальність роботи полягає в підвищенні продуктивності та зменшення собівартості виготовлення деталі за рахунок використання технологічного оснащення з автоматичним затиском деталей.

В роботі виконано опис вузла та деталі та їх службового призначення, аналіз точності та технологічності, виконано розрахунок затискного у відповідності до діючих сил різання в процесі обробки та контрольного пристроїв.

затискний пристрій, контрольний пристрій, рейка-поршень, кульково-гвинтовий гідропідсилювач

ANNOTATION

Koverha Y. Development of technological tooling for the manufacture of the body and shaft of the angle head GU 90: qualification work for the education level "Bachelor": specialty 131 Applied Mechanics / Scientific supervisor K.K. Shcherbyna; Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi: CNTU, 2025. 40 c.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format

The aim of the work is to develop technological tooling for the manufacture of a part of the body and shaft of the angle head GU-90.

The relevance of the work is to increase productivity and reduce the cost of manufacturing the part by using technological equipment with automatic clamping of parts.

The work describes the assembly and the part and their service purpose, analyzes the accuracy and manufacturability, calculates the clamping device in accordance with the acting cutting forces during machining and the control device.

clamping device, control device, piston rail, ball screw hydraulic amplifier

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Розробка технологічного оснащення для
виготовлення корпусу та вала головки кутової ГУ
90
КРБ.ПМ.25.13.29.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ(ТМ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Євгеній КОВЕРГА

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Кирил ЩЕРБИНА

Кропивницький –2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. Загальна частина	8
1.1. Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу.....	8
1.2. Аналіз точності та технологічності деталі.....	13
2. Конструкторська частина.....	17
2.1. Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою.....	17
2.1.1. Призначення інерційного патрону	19
2.1.2. Принцип роботи інерційного патрону	20
2.1.3. Розрахунок сил затиску патрона	21
2.1.4. Розрахунок патрону на точність	27
2.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольньо-вимірювального пристрою.....	28
2.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою.....	28
2.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності виробу.....	30
2.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою.....	31
2.3. Розрахунок та розробка конструкції спеціального ріжучого інструменту.....	32
2.3.1. Опис конструкції спеціального ріжучого інструменту.....	32
2.3.2. Розрахунок фрези.....	33
2.3.3. Розробка креслення спеціального ріжучого інструменту.....	35
Висновки.....	36
Перелік використаних джерел	37

ВСТУП

У контексті стратегічної модернізації машинобудівного комплексу України пріоритетною метою визначається задоволення зростаючого внутрішнього попиту на високотехнологічну та конкурентоспроможну вітчизняну продукцію машинобудування, а також забезпечення стійкої динаміки зростання її присутності на зовнішніх ринках. Для реалізації цієї мети необхідною є комплексна трансформація галузі у високопродуктивну, наукоємну, інноваційно-орієнтовану сферу промисловості, спроможну оперативно реагувати на глобальні економічні виклики, адаптуватися до динамічних змін технологічного ландшафту.

Фундаментом такої трансформації виступає реалізація сукупності техніко-організаційних заходів, які охоплюють технічне переоснащення виробничих потужностей із використанням засобів цифрового інжинірингу, впровадження інтегрованих CAD/CAM/CAE/PDM-систем, використання гнучких виробничих осередків, автоматизованих транспортно-складських систем та верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Упровадження зазначених рішень дозволяє забезпечити зростання продуктивності, зниження енерго- та матеріаломісткості технологічних процесів, розширення номенклатури виробів і підвищення експортного потенціалу машинобудівного сектора. Зокрема, одним із прикладних напрямів реалізації зазначеної стратегії в межах виконання кваліфікаційної роботи є розробка та впровадження високоточних конструктивно обґрунтованих затискних пристроїв для обробки деталей типу «корпус» та «вал» на металообробному обладнанні з ЧПК. Вказані пристрої, базовані на принципах жорсткої ізостатичної фіксації, забезпечують підвищену точність позиціонування заготовок, скорочення тривалості допоміжних операцій і, відповідно, зростання інтегральної ефективності механічної обробки з дотриманням високих метрологічних та геометричних вимог до оброблюваних поверхонь..

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталі, обраної для проектування технологічного процесу

Кутова головка типу ГУ-90-3 (рис. 1.1) є одноступеневим редуктором з конічною зубчастою передачею, у якому геометричне перетинання осей ведучого та веденого валів відбувається під прямим кутом (90°). Вона призначена для використання в системах рульового управління транспортних засобів, що оснащені гідравлічними або електрогідравлічними підсилювачами керма, і виконує функцію проміжного силового елемента, який передає обертальний момент від рульового валу водія до вхідного валу рульового механізму за умови ортогонального розташування їхніх осей.

Кінематична схема головки базується на жорсткому з'єднанні конічної пари з прямим або косозубим зачепленням (залежно від модифікації), що забезпечує стабільність передавального відношення та необхідну плавність ходу при роботі у змінних температурних і навантажувальних умовах. Кутова головка характеризується підвищеною надійністю та зносостійкістю і забезпечує безаварійну експлуатацію в діапазоні температур навколишнього середовища від -45°C до $+40^\circ\text{C}$, що відповідає умовам експлуатації транспортних засобів загального призначення у більшості кліматичних зон.

Конструктивно головка ГУ-90-3 належить до категорії відновлюваних виробів ІКН згідно з класифікацією, установленною в ДСТУ ГОСТ 27.003:2006 (ідентичний ГОСТ 27.003-90), тобто допускає ремонтні впливи із збереженням працездатності після проведення відновлювальних робіт.

У таблиці 1 наведено основні технічні характеристики виробу, включаючи номінальні передавальне число, допустимий крутний момент, масу, габаритні розміри та параметри сумісності з іншими елементами рульового приводу..



Рис. 1.1. Кутова головка ГУ-90-3

Таблиця 1

Основні технічні характеристики кутової головки

Конструктивні та експлуатаційні параметри кутових головок	ГУ -90-3
Кут між осями вхідного і вихідного валів,	90
Максимально крутний момент, М, Н•м	125
Передаточне відношення, і	1
Люфт механічний, допустимий , а _м , хв	1
Осьовий допустимий люфт, мм,	0,0
Маса, кг	6,5
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	161x125x125

В якості робочої рідини, що застосовується для заповнення порожнини робочих елементів кутової головки використовується трансмісійна олива марки ТАД 17і ГОСТ 23652-79.

Конструкція кутової головки ГУ-90-3 представлена на рисунку 1.2

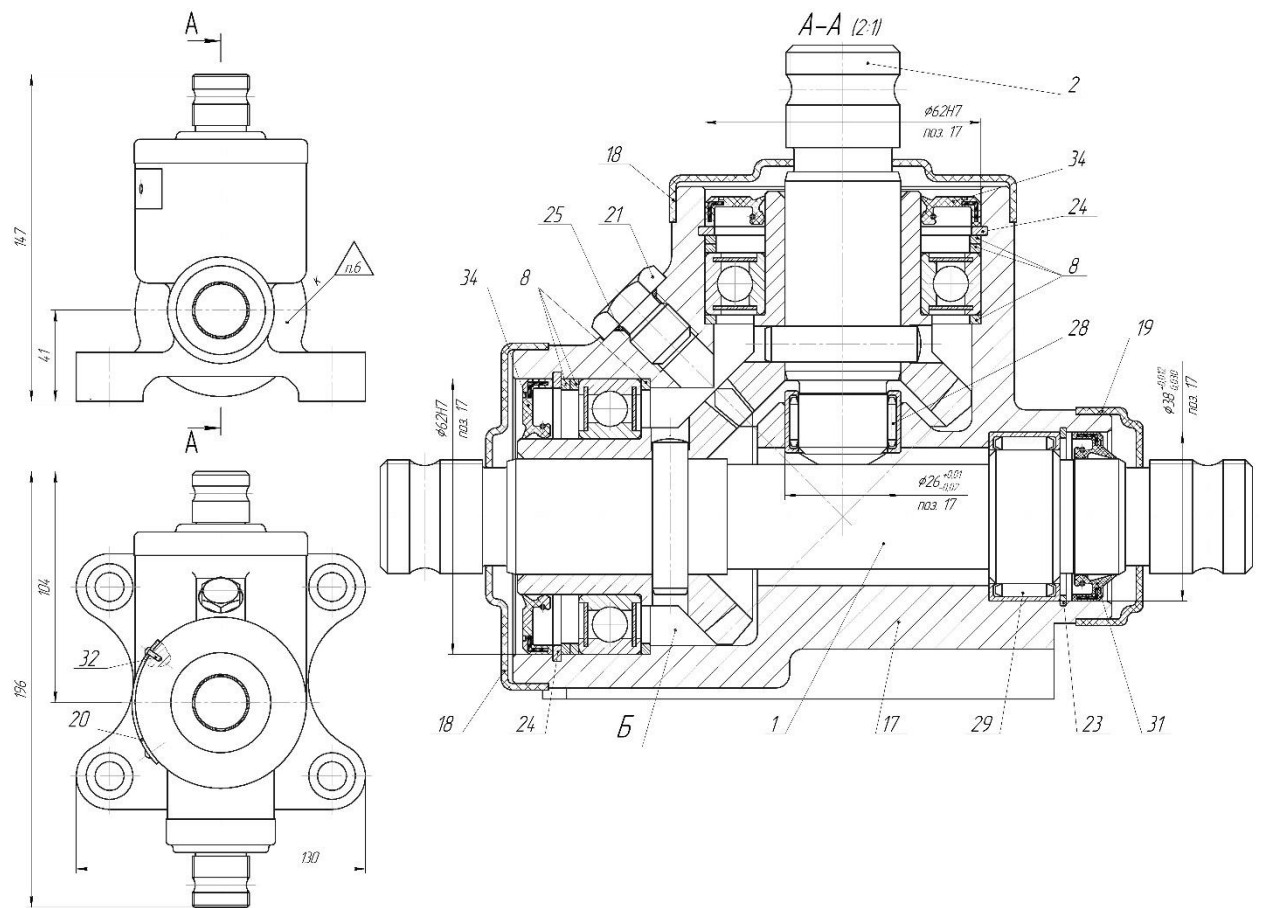


Рис. 1.2. Конструкція кутової головки ГУ-90-3

Кутова головка типу ГУ-90-3 має класичну конструкцію одноступеневого конічного редуктора з кутовим розташуванням валів, що реалізує жорстке кінематичне з'єднання за допомогою пари конічних зубчастих коліс — ведучої шестерні (поз. 1) та веденої шестерні (поз. 3), змонтованих відповідно на вхідному та вихідному валах. Вхідний вал здійснює обертання в підшипникових опорах, установлених у корпусі (поз. 17), причому його фіксація та підтримка осевого положення реалізуються з урахуванням допусків посадок, відповідно до класифікації H7/k6. Ведуча шестерня фіксується на валу за допомогою штифтового з'єднання, що забезпечує концентричність розташування та ефективну передачу крутного моменту.

Протилежний кінець вхідного вала обладнано циліндричними шліцами трикутного профілю, які забезпечують з'єднання з валом рульової колонки — таким чином, забезпечується прецизійне передавання зусилля з мінімальними втратами на люфти чи паразитні переміщення. Вихідний вал (поз. 3)

встановлюється на підшипниках (поз. 5), які також жорстко фіксуються в корпусі, забезпечуючи концентричність обертання та зниження вібраційних навантажень. Ведена конічна шестерня, аналогічно до ведучої, закріплюється на валу штифтовим способом. На протилежному кінці вихідного вала реалізовані циліндричні трикутні шліци, сумісні з вхідним валом кульково-гвинтового гідропідсилювача, що забезпечує надійне з'єднання без втрат крутного моменту.

Осьове позиціонування обох валів забезпечується за рахунок встановлення стопорного кільця (поз. 7), що виключає осьові зсуви при дії змінних навантажень. Загальна конструкція корпусу (поз. 17) призначена для жорсткого закріплення внутрішніх складальних одиниць і функціональних елементів механізму згідно зі складальним кресленням (рис. 1.2), забезпечуючи геометричну стабільність посадкових місць, компенсацію температурних деформацій та захист внутрішніх компонентів від забруднень і механічного пошкодження.

Деталь «Корпус УЯИШ.731347.006» класифікується як корпусна за ДСТУ 2500–93 і належить до другої групи складності обробки. Вона має замкнений просторовий контур із наявністю торцевих і внутрішніх циліндричних поверхонь, які слугують як базові площини для встановлення підшипникових вузлів. Основними конструкторськими базами вважаються посадкові отвори під підшипники з допуском Н7, які забезпечують точну фіксацію валів у процесі дії змінного обертального моменту. Допоміжні бази представлено у вигляді двох колодязів, у яких монтуються шестерні разом із напрямними втулками, що стабілізують зачеплення та забезпечують точність міжосьової відстані.

Задана точність обробки поверхонь корпусу, а також вимоги до шорсткості (Ra 1.25–2.5 мкм для циліндричних баз) забезпечують оптимальні умови для роботи в режимах середнього та високого навантаження, що дозволяє знизити втрати на тертя, покращити умови мащення та подовжити міжремонтний ресурс головки.

Щодо деталі «Вал УЯИШ.716614.019», вона класифікується як деталь типу «тіло обертання» із співвідношенням довжини до діаметра $l/D > 5$, що визначає вимоги до жорсткості при обробці та точності позиціонування. Основною конструкторською базою є зовнішня циліндрична поверхня діаметром 23 мм, на

якій базується відповідна конічна шестерня. Додаткову функціональність валу забезпечують шліцьові з'єднання з евольвентним профілем зуба, які забезпечують підвищену контактну міцність, рівномірний розподіл навантаження по профілю та сумісність із вузлами рульової системи. Застосування таких профілів дозволяє уникнути концентрації напружень, знизити знос і забезпечити довготривалу роботу в умовах циклічних навантажень. Ескізи деталей корпус та вал, представлені на рис. 1.3 та рис. 1.4 відповідно.

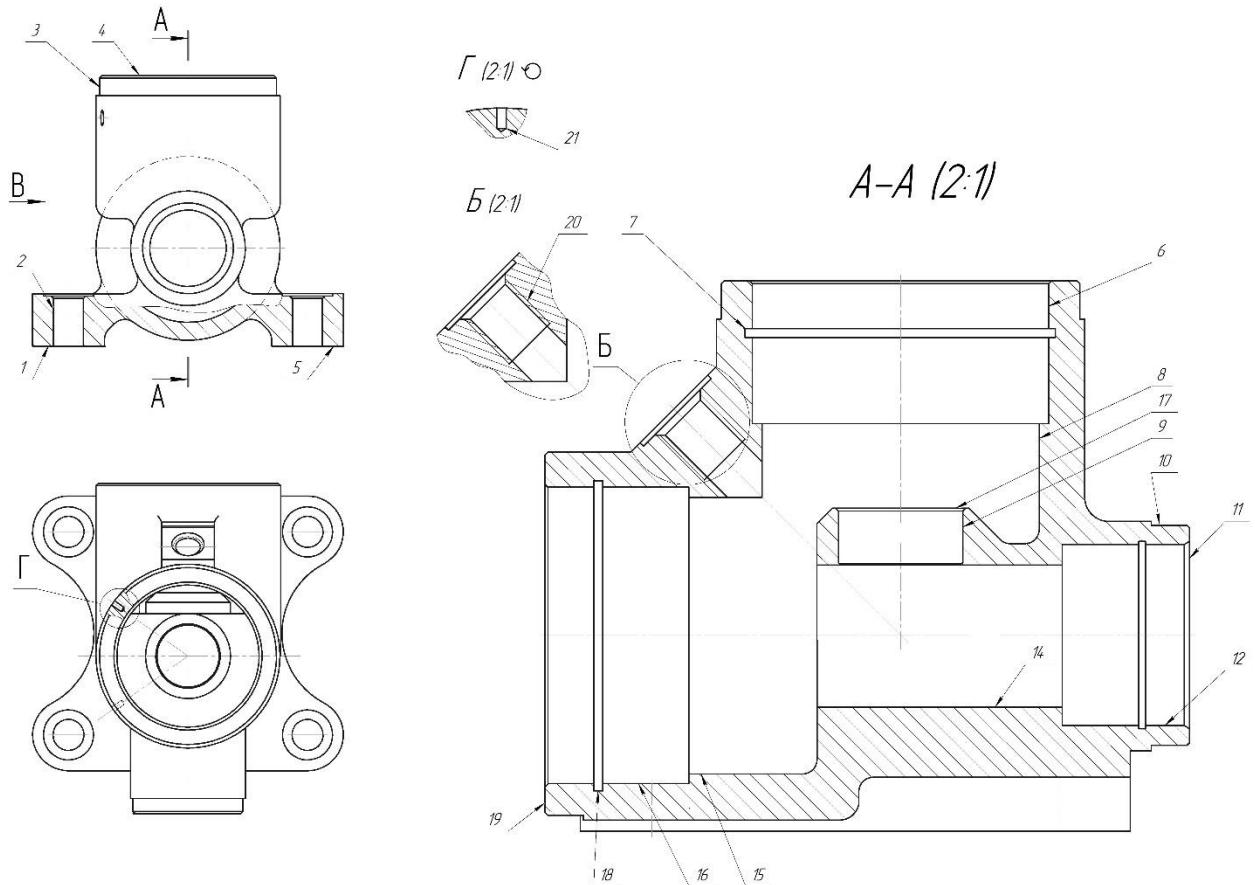


Рис. 1.4. Ескіз деталі корпус УЯИШ.731347.006

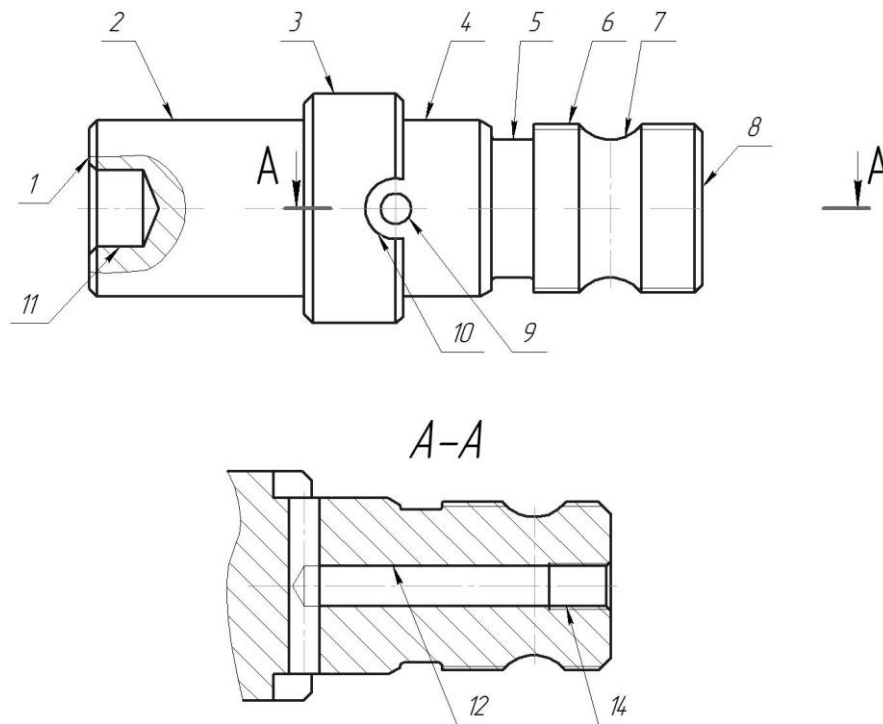


Рис. 1.5. Ескіз деталі вал УЯИШ 716614.019

1.2. Аналіз точності та технологічності деталі

Для по елементного аналізу точності поверхонь деталей, виконуємо ескізи деталей корпус та вал, представлені на рис. 1.4 та 1.5, із зазначенням поверхонь, що підлягають обробці, а дані аналізу точності заносимо в таблицю 1.2.

Аналіз точності деталей корпус та вал показав, що всі розміри поверхонь задані в достатній кількості для їх обробки. Метод простановки розмірів - комбінований. Величини розмірів відповідають нормальному ряду чисел, але не всі відхилення відповідають діючим квалітетам.

Найбільш точними поверхнями деталі корпус є: отвори 6, 16 $\varnothing 62^{+0,03}$ Ra1.25, отвір 9 $\varnothing 26^{+0,01}_{-0,02}$ Ra1.25, отвір 12 $\varnothing 38^{+0,012}_{+0,030}$ Ra1.25, різьба 20 M12x1,5-6H Ra3,2

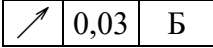
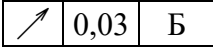
Найбільш точними поверхнями деталі вал є: зовнішня циліндрична поверхня 2 $\varnothing 25h7(-0,021)$, Ra1,6, зовнішня циліндрична поверхня 3 $\varnothing 30m6^{+0,021}_{+0,008}$, Ra1.25, 4 зовнішня циліндрична поверхня – $\varnothing 23h10(-0,084)$, Ra2,5 та шліцьова поверхня 6 $\varnothing 21,955-0,045$, Ra1,6,

Доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних та контрольованих поверхонь вільний. Деталі можна обробити за допомогою відомих методів обробки із застосуванням стандартних різальних та вимірювальних інструментів.

Таблиця 1.2

Параметри точності деталей

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями, заданими від даної поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні	Вагомість поверхні, як конструкторської
1	2	3	4	5	6	7	8
Корпус УЯИШ.731347.006							
1,5	Площина	115	H14			6,3	3
2	Отвір	12,5	H14	Φ $\varnothing 0,25$ (M)		6,3	3
3	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 77$	H14			6,3	5
4	торець	115,2x $\varnothing 77$	H14			6,3	6
6,16	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 62^{+0,03}$	H7	\times T0,06 D		1,25	1
7,18	Канавка	$\varnothing 65^{+0,04}$	H14			2,5	3
8,15	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 58$	H14			3,2	5
9	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 26^{+0,01}_{-0,02}$	H14		\odot $\varnothing 0,02$	1,25	2
10	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 48$	H14			3,2	5
11	Торець	73	H14			3,2	8
12	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 38^{+0,012}_{-0,030}$	H14		\odot $\varnothing 0,1$ 2 D	1,25	4
14	Внутрішня циліндрична поверхня	$\varnothing 32^{+0,42}_{-0,17}$	B12			3,2	6
17	Торець	17,7 ^{+0,15}				6,3	6
19	Торець	134,6				6,3	8
20	Різьбовий отвір	M12x1,5	6H			3,2	4

21	Отвір	Ø2,1	H14			3,2	5
Вал УЯИШ 716614.019							
1,8	Торцева	83	-			3,2	7
2	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø25 ^{-0,005}	h7			1,6	2
3	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø30 ^{+0,021} _{+0,008}	m6			1,25	1
4	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø23 ^{-0,084}	h10			0,8	3
5	Канавка	Ø20				3,2	1
6	Шліці	Ø22,235 Ø21,955 ^{-0,045} z=48	h9			1,6	2
7	Канавка	Ø18	h14			3,2	5
9	Отвір	Ø4 ^{+0,3}	h14			3,2	6
10	Паз	R4	h14			3,2	5
10	Отвір	Ø10 ^{+0,15}	h14			3,2	4
12	Отвір	Ø4	h14			3,2	6
14	Різьбовий отвір	M6x1,0	6H			1,25	4

Аналіз креслень деталей показав, що всі необхідні розміри задані в достатній кількості, вимоги точності, шорсткості, відповідають службовому призначенню та умовам експлуатації. Проте квалітети точності деяких поверхонь деталей надані не за нормалізованими рядами.

Деталь корпус достатньо технологічна, дозволяє використання високопродуктивних методів обробки.

З точки зору механічної обробки виникають деякі ускладнення при обробці похилого різьбового отвору та отворів для яких необхідний спеціальний інструмент.

Корпус достатньо жорсткий, що забезпечує отримання високого класу точності при обробці.

Таким чином в цілому конструкцію деталі можна вважати технологічною. Майже до всіх поверхонь забезпечений вільний підхід різального інструменту.

Відсутні поверхні з необґрунтовано високою точністю обробки. Всі невідповідальні поверхні оброблюються по 14-му квалітету.

Проаналізувавши всі вище перелічені фактори, будемо вважати деталь корпус УЯИШ.731347.006 технологічною.

Аналіз деталі вал УЯИШ 716614.019 показав, що нетехнологічними елементами деталі є отвори на циліндричній поверхні, тому що при свердлінні цих отворів виникає вірогідність уводу свердла. Для запобігання цього явища необхідно застосовувати кондукторні втулки, але їх застосування призведе до збільшення собівартості деталі. Також, до нетехнологічних елементів деталі ротор можна віднести: пази, шліці та виїмки.

Технічні вимоги назначені правильно, доцільно, однозначно і коректно, визначені умовами експлуатації.

Метод простановки розмірів - комбінований.

Допуски на деякі поверхні не відповідають діючим стандартам.

Деталь вал, виготовляється зі сталі 40Х ГОСТ 45433-71.

Більшість поверхонь деталі мають невисокі вимоги по точності (H14, h14) та шорсткості (Ra 6,3-3,2). Тому ускладнень при забезпеченні вказаних вимог по точності та шорсткості не виникає.

В цілому, деталь, з точки зору механічної обробки, є технологічною.

2. Конструкторська частина

2.1. Розробка та розрахунок конструкції затискного пристосування

У межах технічного проєктування розроблено конструкцію інерційного затискного патрона, призначеного для високоточного встановлення та надійного утримання деталі типу «вал УЯИШ.716614.019» під час виконання токарної обробки на верстаті з числовим програмним керуванням моделі «HYUNDAI L150Y». Запропонована конструкція патрона представлена на рисунку 2.1 та адаптована до кінематичних, геометричних та динамічних параметрів зазначеного обладнання.

Інерційний патрон функціонує за принципом комбінованого гідромеханічного затиску з використанням осьової інерційної сили та пружного елемента, що забезпечує стабільне зусилля притиску без впливу зворотних коливань, характерних для обробки деталей з великою довжиною у співвідношенні до діаметра ($l/D > 5$). Це дозволяє компенсувати вібраційні навантаження та забезпечити сталу геометрію оброблюваної поверхні без додаткової центрувальної обробки або втрати точності позиціонування.

Конструктивна схема передбачає інтеграцію інерційної маси, яка під час пуску верстата накопичує кінетичну енергію, що, у свою чергу, активує систему клинового самозатиску. Такий механізм є особливо ефективним для закріплення валоподібних деталей, оскільки дозволяє зменшити осьове зміщення заготовки під час різального процесу, забезпечити рівномірне обтиснення по колу та запобігти деформаціям або перекосам.

Інерційний патрон спроектовано з урахуванням можливості інтеграції в стандартну шпиндельну систему верстата HYUNDAI L150Y без потреби додаткової модифікації базових елементів. Також передбачено можливість швидкої переналаштування патрона на обробку інших деталей зі схожими геометричними параметрами. Матеріалом для затискних елементів обрано леговану сталь 40X із термічним зміцненням робочих поверхонь до твердості HRC 58–60, що забезпечує високий ресурс експлуатації та стійкість до зносу при багатосерійному циклі обробки.

Таким чином, застосування інерційного патрона в процесі токарної обробки вала УЯИШ.716614.019 дозволяє досягти підвищення точності виготовлення, стабільності форми та зниження часу допоміжних операцій, зокрема, операцій базування, центрування та ручного позиціонування, що в комплексі забезпечує зростання продуктивності верстата та надійності технологічного процесу.

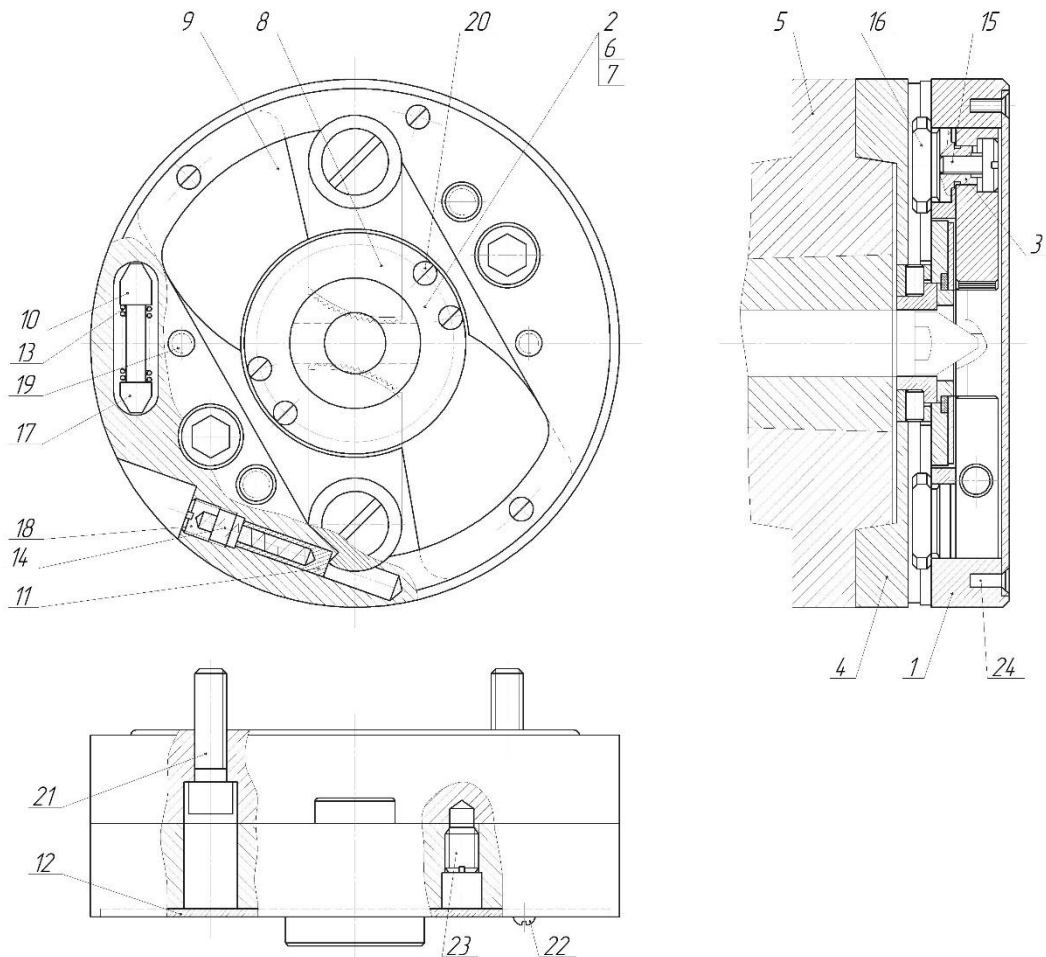


Рис. 2.1 Конструкція інерційного патрону

2.1.1. Призначення інерційного патрону

Інерційний патрон розроблено як спеціалізований затискний пристрій, призначений для ефективної передачі крутного моменту від шпindelного вузла до оброблюваної деталі в умовах токарної обробки на верстатах з ЧПК. Основною функцією патрона є забезпечення жорсткого силового контакту з заготовкою при збереженні високої точності центрування та повторюваності установки. Конструктивно патрон монтується безпосередньо на планшайбі шпindelю, з якою утворює кінематично замкнену систему передачі моменту, мінімізуючи втрати енергії при передачі обертального руху.

У процесі підготовки до обробки деталей (зокрема, валової форми) попередньо фіксується в центрах верстата, що забезпечує її орієнтацію в радіальному напрямку. Такий метод базування формує надійну подвійну напрямну базу, яка є критично важливою для дотримання соосності та зменшення геометричних похибок при обробці довгомірних тіл обертання.

Орієнтація деталі в осьовому напрямку виконується шляхом прецизійного підтискання заднім центром шпindelного вузла до опорної поверхні, розташованої в конструкції патрона. Водночас передній центр, конструктивно інтегрований із патроном, реалізується у формі плаваючого центра, що дозволяє компенсувати осьові деформації та мікрозміщення заготовки, пов'язані з температурними розширеннями або механічними навантаженнями в зоні різання. Такий підхід гарантує стабільність положення оброблюваної деталі в умовах динамічної обробки без ризику появи зсувів або перекосів, що особливо важливо для забезпечення якісної токарної обробки з високими вимогами до точності форми, взаємного розташування поверхонь та чистоти обробки. Конструкція інерційного патрону

Показаний на Рис. 2.1 патрон складається із нижчеописаних складових частин:

Корпус патрону (4) у вигляді циліндричного диску з виконаними на торці пазами, в яких переміщується самоцентруєма планшайба (1) в складі з вісьма інерційних кулачків (16) і самими кулачками (8) з прикріпленими до останніх вантажами (9).

На протилежній стороні корпусу виконаний конічний отвір для базування на шпindelь верстата. На корпусі виконані отвори під розміщення крипіжних болтів (21). Отвори розміщені на колі, концентричному зовнішньому циліндру патрону.

Самоцентруюча планшайба (1) також виконана у вигляді диску. Її середину перетинає прямокутний наскрізний паз, в якому розміщуються інерційні кулачки (8) і вантажі (9).

Радіальне переміщення самоцентруючої планшайби забезпечується за рахунок центруючих штирів (9) і пружин (12).

Встановлення інерційних кулачків у вихідне положення (розкриття кулачків) забезпечується за рахунок плунжера зворотнього ходу (10) і пружини (13).

2.1.3. Принцип роботи інерційного патрону

Принцип дії інерційного патрона базується на використанні відцентрових сил інерції для створення затискного зусилля, що забезпечує надійне утримання оброблюваної деталі під час токарної обробки на верстатах з ЧПК. При запуску обертання шпindelя верстата, внаслідок дії відцентрових сил, інерційні вантажі (поз. 8), закріплені у відповідних напрямних пазах, починають переміщатися радіально у напрямку дії вектора відцентрової сили. Це переміщення призводить до обертання кулачків навколо власних осей (поз. 16), до моменту їхнього дотику до зовнішньої поверхні заготовки, яка попередньо фіксована в центрах верстата.

У випадках, коли зовнішня поверхня деталі має відхилення від правильної геометричної форми або спостерігається осьове зміщення її зовнішнього циліндричного контуру відносно осі центрових отворів, виникає необхідність у конструктивному вирішенні задачі самокомпенсації. Ця задача ускладнюється можливими похибками виготовлення самих кулачків або неточностями центруючої планшайби, в якій вони розміщені. Для забезпечення рівномірного та одночасного контакту обох робочих поверхонь кулачків з поверхнею деталі передбачено можливість переміщення самоцентруючої планшайби у напрямку, що проходить уздовж уявної осі, яка сполучає осі обертання обох кулачків.

Під час роботи, унаслідок взаємодії кулачків із деталлю, виникає реакція, яка викликає зміщення планшайби до такого положення, при якому досягається симетричне затискання обома кулачками. Це забезпечує не лише підвищену надійність фіксації, а й мінімізацію осьових та радіальних похибок позиціонування деталі.

Працездатність інерційного патрона визначається дотриманням ключової умови: момент, що створюється силами затиску, повинен перевищувати момент, який створюється силами різання в процесі обробки. У разі недотримання цієї умови існує загроза виникнення зсуву або провертання заготовки у патроні, що, у свою чергу, може призвести до пошкодження ріжучого інструменту, нестабільної обробки або аварійної ситуації. Другою обов'язковою умовою ефективної експлуатації патрона є гарантоване розтискання кулачків при зупинці обертання шпинделя. Це розтискання реалізується завдяки дії плунжера зворотного ходу, який при втраті відцентрового навантаження забезпечує надійне відкриття механізму.

Для забезпечення гарантованої передачі необхідного крутного моменту без прослизання проводиться аналітичне та емпіричне визначення силового балансу системи, з урахуванням сили затиску, коефіцієнта тертя між кулачками і поверхнею заготовки, геометрії контактних поверхонь та граничного моменту сил різання, що діє в умовах обробки конкретного матеріалу з урахуванням параметрів режимів різання.

2.1.4. Розрахунок сил затиску патрона

Побудуємо розрахункову схему затиску деталі в інерційному патроні див. рис.2.2.

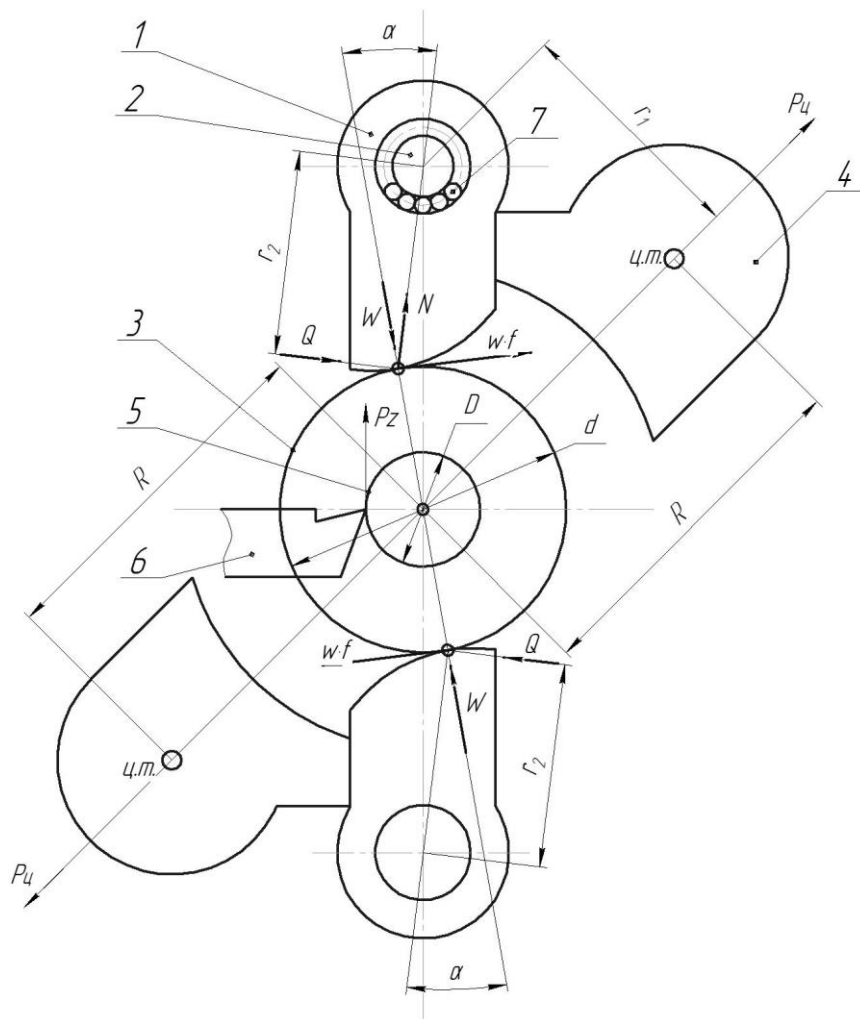


Рис. 2.2. Розрахункова схема затиску деталі

1 – кулачок з радіально-ексцентричною затискною поверхнею; 2 – вісь обертання кулачка; 3 – поверхня затиску; 4 – інерційний вантаж; 5 – оброблювана поверхня; 6 – різець; 7 – ролики; P_u – відцентрова сила; P_z – тангенційна сила різання; r_1 – плече дії сили P_u , відстань від вісі обертання кулачка до центру ваги вантажу; Q – сила діюча на кулачок внаслідок сил інерції P_u ; r_2 – плече дії сили Q ; N – складова від сили W на нормаль до вісі; R – відстань від центру обертання патрону до центру ваги вантажу W – сила затиску деталі, виникаюча від взаємодії радіально-ексцентрикової поверхні кулачка і поверхні затиску; d – діаметр поверхні затиску; D – діаметр оброблюємої поверхні; α – кут підйому радіально-ексцентрикової поверхні кулачка; f – коефіцієнт тертя між поверхнями і кулачка і затискаємою деталлю.

На схемі приведено вектори дії сили різання P_z утвореної в процесі обробки. Також наведені протидіючі сили, які виникають в затискних елементах з врахуванням до плеча дії сили, яка виникає за рахунок інструкції. Та дії нормальної сили. Представлена дія відцентрової сили P_u з врахування плеча дії

сили у вигляді відстані від вісі обертання кулачка до центру ваги вантажу. Та відстані від центру обертання патрону до центра ваги вантажу.

Враховано дію кута підйому радіального-ексцентрика поверхні кулачка.

Визначимо головну умову рівноваги розрахунку інерційного вантажу. Головна умова рівноваги системи на Рис. 3.2 описується рівнянням:

$$M(Pz) \leq \frac{M(w \cdot f)}{\eta} \quad (2.1)$$

де $M(Pz)$ – крутний момент від сил різання;

$M(w \cdot f)$ – крутний момент від сил затиску;

η – коефіцієнт корисної дії пари кулачок-вісь.

Згідно Рис. 2.2 визначимо значення моменту $M(Pz)$:

$$M(Pz) = Pz \cdot 0,5D \quad (2.2)$$

Тоді момент від сил затиску визначиться:

$$M(w \cdot f) = w \cdot f \cdot 0,5d \quad (2.3)$$

Прирівнявши рівняння (3.1) і (3.2), з урахуванням рівняння (3.3), отримуємо:

$$Pz \cdot 0,5D = W \cdot f \cdot 0,5d \cdot \eta \quad (2.4)$$

Визначимо із рівняння (13) значення W :

$$W = \frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d \cdot \eta} \quad (2.5)$$

З розкладу сил на Рис. 3.2 відомо співвідношення між силами W та Q :

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.6)$$

Одночасно з тим, рівняння яке виказує дію сили Q має вигляд:

$$Q \cdot r_2 = P\psi \cdot r_1 \quad (3.7)$$

Визначивши з рівняння (3.7) силу Q отримаємо:

$$Q = \frac{P\psi \cdot r_1}{r_2} \quad (2.8)$$

Відцентрова сила $P\psi$ визначена рівнянням, приведеним в роботі [12]:

$$P_{\psi} = 0,001G \cdot R \cdot n^2 \quad (2.9)$$

де G – вага інерційного вантажу;

n – кількість обертів патрону.

Підставивши значення P_{ψ} із формули (2.6) в формулу (2.7) отримаємо:

$$Q = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2} \quad (2.10)$$

Підставимо значення Q із рівняння (2.8) в рівняння (2.3), отримаємо:

$$W = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.11)$$

Прирівнюємо рівняння (2.3) та (2.8), отримуємо:

$$\frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot \eta \cdot d} = \frac{0,001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.12)$$

Вирішимо дане рівняння відносно ваги інерційного вантажу G :

$$G = \frac{Pz \cdot r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D}{d \cdot f \cdot \eta \cdot 0,001R \cdot n^2 \cdot r_1} \quad (2.13)$$

З урахуванням того, що затиск деталі здійснюється одночасно двома кулачками, а також з урахуванням коефіцієнту запасу K_3 вираз (2.12) має вигляд:

$$G = \frac{Pz \cdot r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D \cdot K_3}{2d \cdot f \cdot \eta \cdot 0,001R \cdot n^2 \cdot r_1} \quad (2.14)$$

Виконуємо розрахунок патрону. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл.2.1

Таблиця 2.1

Вихідні дані

№ п/п	Найменування	Значення	Джерело інформації
1	2	3	4
1	Тангенціальна сила різання Pz , кг	342	-

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
2	Кількість обертів патрону n , об/хв	670	-
3	Оброблюємий діаметр D , мм	42,0	Креслення деталі
4	Закріплюємий діаметр d , мм	38,5	Креслення деталі
5	Кут підйому радіально-ексцентрикової поверхні кулачка α , град.	12,0	[12], стор. 139 (рекомендації)
6	Коефіцієнт тертя між взаємодіючими поверхнями f	17	[18], стор.158
7	Коефіцієнт корисної дії пари кулачок-вісь, η	0,95	[15], стор.227
8	Відстань від центра обертання патрону до центру ваги вантажа R , мм	55,0	Креслення патрону
9	Плече дії сили P_u , r_1 , мм	50,0	Креслення патрону
10	Плече дії сили Q , r_2 , мм	35,0	Креслення патрону
11	Коефіцієнт запасу затиску K_3	1,5	[12], стор.141

Виконуємо розрахунок ваги інерційних вантажів:

$$G = \frac{342 \cdot 0,035 \cdot 0,212 \cdot 0,042 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,0385 \cdot 0,7 \cdot 0,95 \cdot 0,001 \cdot 0,055 \cdot 670^2 \cdot 0,05} = 2,5 \text{ кг}$$

Розрахунок контактних напружень в з'єднанні кулачок-вісь

На Рис. 3.2 видно, що на вісь кулачка 2 діє сила N , яка є складовою сили W , розміщеної на нормалі до вісі. Значення сили N визначається рівнянням:

$$N = W \cdot \cos\alpha \quad (2.15)$$

З урахуванням рівняння (14) визначаємо:

$$N = \frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d\eta} \cdot \cos\alpha \quad (2.16)$$

Як видно з Рис. 2.2 кулачок контактує з віссю через ролики 7, з урахуванням чого необхідно визначити допустимість контактних напружень, виникаючих між поверхнями вісі 2 і роликів 7. Згідно з формулою Герца [16] для визначення контактних напружень маємо вираз:

$$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{q \cdot E}{\rho}} \quad (2.17)$$

де q – питоме навантаження на 1 см довжини контактних ліній;

ρ – приведений радіус кривизни контактуємих поверхонь;

E – модуль пружності, $E = 2,15 \times 10^6$ кг/см²;

Значення q визначаємо по формулі:

$$q = \frac{N}{l} \quad (2.18)$$

де l – довжина контактної лінії.

Значення ρ визначаємо по формулі:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (2.19)$$

де ρ_1 – радіус ролика;

ρ_2 – радіус вісі.

Таким чином, з урахуванням приведених виразів, отримаємо:

$$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{N \cdot 2,15 \cdot 10^6 (\rho_1 + \rho_2)}{l \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}} \quad (2.20)$$

При цьому для прийнятих матеріалів ролика – сталь ШХ15 і вісі – сталь 40Х:

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{2,9} = \frac{10000}{2,9} = 3448 \text{ кг/см}^2$$

Розрахунок контактних напружень

№ з/п	Визначаємий параметр	Розрахункова формула	Розрахунок
1	Осьова сила N, кг	$N = \frac{Pz \cdot 0,5D}{f \cdot 0,5d\eta}$	$N = \frac{342 \cdot 0,5 \cdot 0,042}{0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,0385 \cdot 0,95} = 56,1 \text{ кг}$
2	Контактне напруження τ , кг/см ²	$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{N \cdot 2,15 \cdot 10^6 (\rho_1 + \rho_2)}{l \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}}$	$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{56,1 \cdot 2,15 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{2,0 \cdot 0,437}} = 2860 \text{ кг/см}^2$

$$[\tau] = 3448 \text{ кг/см}^2, \tau = 2860 \text{ кг/см}^2$$

Таким чином $\tau_p < [\tau]$.

2.1.5 Розрахунок патрону на точність

Розрахунок пристрою на точність має за мету визначення необхідної точності його виготовлення по вибраному параметру, до яких відносяться:

а) допуски на координуючі розміри, що задані від баз чи базових поверхонь;

б) допуски взаємного розміщення (непаралельності або неперпендикулярності тощо) баз або базових поверхонь затискного пристрою.

Точність виготовлення пристрою з достатнім наближенням, а саме тих його елементів, які впливають на точність оброблюваного розміру може бути оцінена допуском, який визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_A - K_m * (K_{m1} * \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (k_{m2} * \omega_{m.o})^2$$

де T_A — допуск на виконуваний розмір;

ε_6 — похибка базування деталі;

K_m — коефіцієнт, що враховує відхилення розкиду значень складових величин від закону нормального розподілу ($K_m = 0,9-1,2$);

K_{m1} — коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованому обладнанні ($K_{m1} = 0,8-0,85$);

K_{m2} – коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, що є наслідком факторів, які не залежать від пристрою $K_{m2}=(0,6-0,8)$;

$\omega_{m.o}$ – середня економічна точність обробки (визначається по таблицям допустимих похибок для даного методу обробки)[11, т.1 с.8-12]

ε_3 – похибка закріплення деталі [8, с.16-19]

При використанні механізованих затискних пристроїв, що забезпечують сталість сили затиску похибка закріплення деталі дорівнює нулю.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0.062 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0)^2 + 0 + (0.6 \cdot 0.062)^2} = 0.00207$$

2.2. Розрахунок та розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

2.2.1. Опис конструкції та роботи пристрою

Контрольний пристрій індикаторного типу (рис. 2.3) призначений для високоточного вимірювання розміру $44,3 \pm 0,05$ мм у вузлі корпус кутової головки УЯИШ.731347.006 моделі ГУ-90-3. Зазначений розмір є критичним з погляду взаємного розташування елементів підшипникового вузла та точності встановлення валів, тому контроль цього параметра має здійснюватися з використанням засобів високої точності, до яких належать індикаторні пристрої.

Конструкція вимірювального пристрою включає такі елементи: базовий кутник (поз. 1), корпус контрольного пристрою (поз. 11), фіксуючі кулачки (поз. 16), опорний кронштейн (поз. 18), центрована вставка (поз. 8) та вимірювальна стійка (поз. 14). Усі складові виготовлені з високостабільних конструкційних матеріалів, що забезпечують збереження геометричних параметрів у процесі експлуатації.

Корпус контрольного пристрою (поз. 11) встановлюється у вертикальний базовий колодязь корпусу кутової головки. Затиск у корпусі здійснюється за

допомогою системи гвинтового фіксування із застосуванням ексцентрикових кулачків (поз. 16), що дозволяє швидко й надійно фіксувати вимірювальний пристрій без зміщення його базових площин. Для забезпечення точної орієнтації перед затиском пристрій позиціонується відносно осі отвору за допомогою центрованої вставки (поз. 8), що дозволяє уникнути похибок встановлення, які могли б спотворити результати вимірювання.

Застосування індикаторного контрольного пристрою дозволяє здійснювати метрологічно надійний контроль геометричних параметрів корпусної деталі без необхідності демонтажу з базового оснащення, що сприяє скороченню тривалості технологічного циклу та підвищенню загальної точності складання кутової головки.

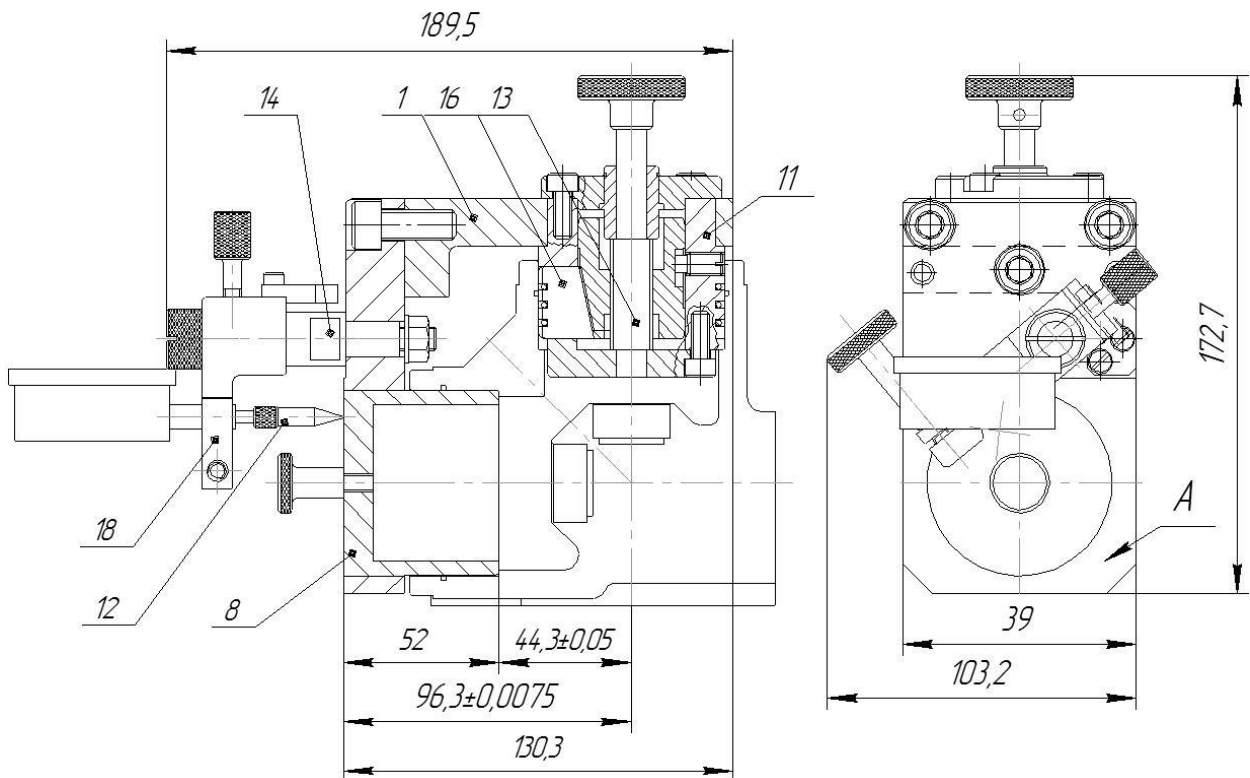


Рис. 3.3. Конструкція контрольно-вимірювального пристрою:

1- кутник; 8 – вставка; 11- корпус; 12 – ніжка індикатора; 13 – гвинт; 14 – стійка; 16 – кулачок; 18 – кронштейн.

Після фіксації контрольного пристосування в корпусі деталі, вставка (поз. 8) встановлюється у горизонтальний колодязь корпусу кутової головки ГУ-90-3 до

упору, що забезпечує точне базування вимірювальної системи відносно контрольованої геометрії деталі. Після цього здійснюється затиск пристрою в корпусі за допомогою кулачкового механізму.

Далі проводиться обертання опорного кронштейна (поз. 18) у таке положення, за якого ніжка індикатора торкається контрольної площини А, яка є базовою у вимірюванні. У цьому положенні на шкалі індикатора встановлюється умовний нуль. Після цього кронштейн плавно повертається до положення, за якого ніжка індикатора взаємодіє з торцевою площиною вставки, що дозволяє зафіксувати відхилення між положенням площини А та площиною вставки.

За шкалою індикаторного годинника фіксується різниця показів, яка відображає величину зміщення або непаралельності в площинному розміщенні контрольованих поверхонь. Допустиме значення цієї різниці не повинно перевищувати $\pm 0,05$ мм, що відповідає встановленому граничному відхиленню для забезпечення коректного взаємного розташування елементів конструкції в межах норм технічного контролю за ДСТУ ISO 2768-1. Дотримання цієї вимоги критично важливе для збереження геометричної точності складання та надійної роботи вузла в експлуатаційних умовах.

2.2.2. Визначення похибок вимірювання і перевірка умови працездатності пристрою

Перевірку умов працездатності контрольованого пристрою визначаємо за формулою:

$$\sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\sigma d}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\sigma z}^2 + \Delta_{\sigma ze}^2 + \Delta_{\sigma id}^2} \leq [\Delta_{вим}],$$

де: Δ_{σ} – похибка базування контрольованої деталі, $\Delta_{\sigma} = 0$;

$\Delta_{\sigma d}$ – похибка встановлення деталі, $\Delta_{\sigma d} = 0,001$ мм;

Δ_{nn} – похибка передавального пристрою, $\Delta_{nn} = 0,002$ мм;

$\Delta_{\sigma z}$ – похибка вимірювального засобу, $\Delta_{\sigma z} = 0,0005$ мм;

$\Delta_{\sigma ze}$ – похибка встановлення засобу вимірювання, $\Delta_{\sigma ze} = 0,0009$ мм;

$\Delta_{від}$ – похибка відліку, $\Delta_{від} = 0$

$[\Delta_{вим}]$ – допустима похибка вимірювання, $[\Delta_{вим}] = 0,0025 \text{ мм}$.

Тоді:

$$\sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,0005^2 + 0,0009^2} = 0,0024 \text{ мм}$$

Умова виконується.

2.2.3. Розробка креслення загального виду пристрою

Креслення загального виду контрольного пристрою виконується з урахуванням принципів наочності та технічної інформативності, передбачаючи таку кількість проєкцій, яка забезпечує повне уявлення про його конструктивну будову, принцип дії та розташування елементів у робочому положенні. На кресленні обов'язково відображається деталь, що підлягає контролю, у положенні вимірювання, причому її контури наносяться умовними (тонкими) лініями відповідно до вимог ДСТУ ISO 128-24:2005 щодо відображення суміжних і допоміжних об'єктів.

У графічній частині креслення наводяться всі необхідні габаритні та установчі розміри, включно з допусками на розташування функціональних поверхонь, допусками форми, орієнтації й взаємного положення, а також посадками основних спряжуваних елементів відповідно до ДСТУ ISO 286-1. Особливу увагу приділено нанесенню розмірів, які визначають точність взаємодії з контрольованою деталлю, а також геометричним параметрам опорних і базових елементів контрольного пристрою, від яких залежить результат вимірювання.

У технічних вимогах, що наводяться на кресленні, стисло формулюються функціональні характеристики пристрою, умови точності, клас шорсткості робочих поверхонь, вимоги до взаємозамінності, матеріали конструктивних елементів, а також відомості про термообробку або захисні покриття, якщо це передбачено технічним завданням. Креслення загального виду контрольного пристосування включено до графічної частини дипломного проєкту як складову,

що візуалізує конструктивне рішення розробленого засобу технологічного контролю.

2.3. Розрахунок та розробка конструкції спеціального ріжучого інструменту

2.3.1. Опис конструкції спеціального ріжучого інструменту

Розрахунок параметрів фрезерної обробки виконується для торцевої насадної фрези (рис. 2.4) зі змінними різальними пластинами з твердого сплаву, які закріплюються у корпусі фрези за допомогою механічного кріплення з позитивним кутом установки. Зазначений тип інструмента застосовується для високопродуктивного фрезерування торцевої поверхні корпусної деталі «УЯИШ.731347.006», що є складовою кутової головки ГУ-90, на горизонтальному обробному центрі «HYUNDAI WIA HS4000», обладнаному автоматичною зміною інструменту та системою ЧПК.

Конструкція фрези забезпечує можливість ведення обробки з підвищеною жорсткістю та стабільною геометрією різального процесу, а також ефективно відведення стружки при обробці легованих і конструкційних сталей середньої твердості. Застосування твердосплавних пластин дозволяє працювати при високих значеннях подачі та швидкості різання без погіршення якості оброблюваної поверхні.

У процесі розрахунку визначаються основні технологічні параметри — кутова швидкість обертання фрези, величина подачі на зуб, глибина та ширина фрезерування, а також потужність, що споживається під час різання. Розрахунок базується на врахуванні фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, геометрії ріжучої частини інструмента, кількості зубців, а також кінематичних характеристик обробного центру. Параметри вибираються з урахуванням досягнення необхідної шорсткості оброблюваної поверхні, дотримання допусків на торцеву площину та забезпечення інструментальної стійкості в межах встановленого ресурсу.

Таким чином, розрахунок торцевої фрезерної обробки в умовах обробного центру HYUNDAI WIA HS4000 забезпечує оптимізацію режимів різання, підвищення ефективності обробки та стабільне досягнення заданих технічних характеристик торцевої поверхні корпусу УЯИШ.731347.006.

2.3.2. Розрахунок фрези

Попередньо задаємося шириною B фрези і відповідно її діаметром D , числом зубців z і кутом ω : $B=46\text{мм}$; $D=105\text{мм}$; $z=6\text{шт}$; $\omega=20^\circ$.

Подачу вибираємо по карті 32 [7]. Для чорнового фрезерування заготовки із високоміцного чавуну торцевою фрезою із вставними ножами при заданих умовах роботи $s_z=0,12-0,2$ мм/зуб приймаємо $s_z=0,15$ мм/зуб.

Діаметр отвору під оправку

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{ид}}}}$$

а) Сила різання при $t=h=4\text{мм}$ [4]

$$P_z = \frac{C_p t^{x_p} s^{y_p} Bz}{D^{q_p}} = \frac{68 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 46 \cdot 6}{105^{0,86}} = 1285 \text{ кгс}$$

б) Рівнодіюча сила

$$R = 1,411 P_z = 1,411 \cdot 1285 = 1814 \text{ кгс}$$

в) Сумарний момент, що діє на фрезерну оправку,

$$\begin{aligned} M_{\text{ссу}} &= \sqrt{\left(\frac{3}{16} Rl\right)^2 + \left(\frac{P_z D}{2}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{3}{16} 1814 \cdot 70\right)^2 + \left(\frac{1285 \cdot 105}{2}\right)^2} = 155200 \text{ кгс} \cdot \text{мм} \end{aligned}$$

д) Допустиме напруження на згин матеріалу оправки приймаємо $\sigma_{\text{ид}}=250\text{МН/м}^2$ ($\sim 25\text{кгс/мм}^2$); підставив а приведену вище формулу знайдені значення $M_{\text{сум}}$ и $\sigma_{\text{ид}}$, отримаємо діаметр отвору фрези:

$$d = \sqrt[3]{\frac{155200}{0,1 \cdot 25}} 38,4 \text{ мм}$$

приймаємо найближчий діаметр отвору фрези по табл.79 [9]: $d=40\text{мм}$.

Встановлюємо кінцево зовнішній діаметр фрези $D=2,5*d=2,5*38,4=96\text{мм}$; приймаємо ближчий діаметр фрези по ГОСТу $D=105\text{мм}$.

Кінцево число зубів фрези $z=m\sqrt{D}=1,5\sqrt{105}=5,23$; приймаємо $z=6$.

Визначаємо геометричні параметри ріжучої частини фрези: головний задній кут $\alpha=12^\circ$; передній кут $\gamma=10^\circ$.

Вибираємо матеріал фрези: корпус – сталь 40Х; ножі – твердий сплав Т15К6.

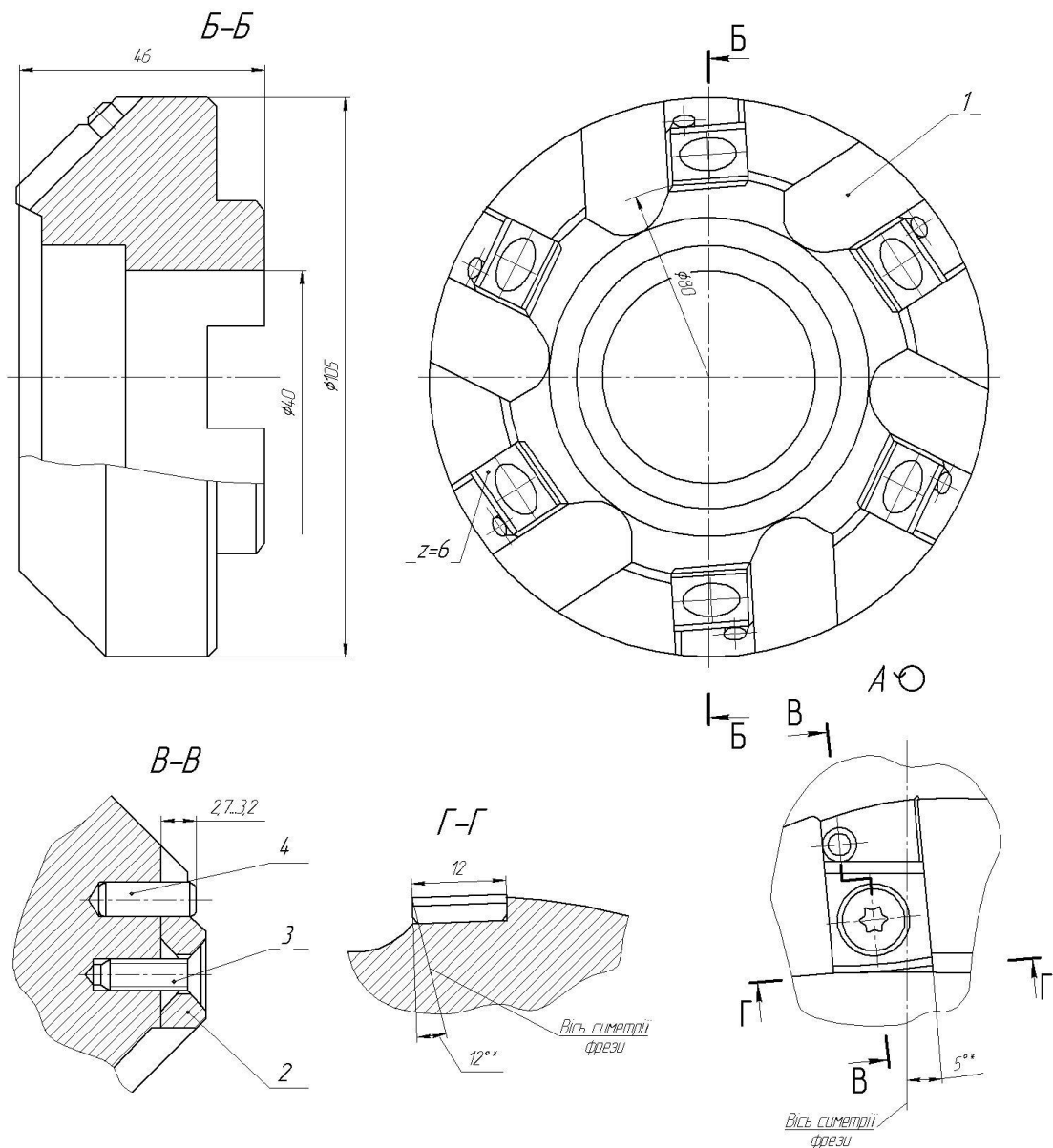


Рис. 2.4 Конструкція торцевої насадної фрези

2.3.3. Розробка креслення спеціального ріжучого інструменту

Креслення спеціального ріжучого інструменту виконується з урахуванням вимог повноти конструктивного відображення, із застосуванням необхідної кількості проєкцій, місцевих і повздовжніх перерізів, які дозволяють чітко ідентифікувати геометричну форму, принцип дії та конструкцію інструменту. Обрані проєкції повинні максимально точно відображати робочу частину інструменту, форму різальних кромок, розташування отворів, канавок, напрямних елементів та інших функціональних поверхонь.

На кресленні згідно з вимогами ДСТУ ISO 1302:2005 і ДСТУ ISO 1101:2006 зазначаються всі необхідні розміри, включаючи лінійні, кутові та функціональні, що визначають точність виготовлення та ефективність застосування інструменту. Проставляються значення шорсткості поверхонь, які мають прямий вплив на зносостійкість і стійкість різальних елементів, а також допуски розташування найбільш критичних поверхонь, зокрема центрів симетрії, осей посадкових отворів і площин прилягання.

У технічних вимогах, які подаються у скороченій формі безпосередньо на кресленні, наводяться вказівки щодо матеріалу інструменту (зазвичай — інструментальні сталі Р6М5, Т15К6, або покриті твердосплавні композиції), вимоги до термообробки (гартування, відпуск, термохімічна обробка), допуски на виготовлення, а також вказівки щодо контролю твердості, дотримання геометрії різальних кромок і правила маркування інструменту.

Складальне креслення спеціального ріжучого інструменту включене до графічної частини дипломного проєкту як основний конструкторсько-технологічний документ, що забезпечує візуалізацію, нормування та подальшу реалізацію процесу виготовлення інструменту.

Висновки

В кваліфікаційній роботі на тему: «Розробка технологічного оснащення для виготовлення корпусу та вала головки кутової ГУ 90»

Виконано повний цикл інженерно-технологічного обґрунтування засобів оснащення, що забезпечують високу точність та надійність виготовлення ключових деталей вузла — корпусної заготовки та вала. У роботі здійснено аналіз конструктивних особливостей деталей, визначено їх критичні базові поверхні, посадкові зони та технологічні вимоги до точності обробки.

Розроблено конструкції спеціалізованих пристроїв: інерційного патрона для обробки валів на верстаті з ЧПК та контрольного індикаторного пристрою для перевірки геометричних параметрів корпусу. Обґрунтовано вибір методів базування, закріплення й орієнтації заготовок з урахуванням вимог до мінімізації похибок позиціонування, забезпечення жорсткості фіксації та компенсації деформацій. Визначено принципи функціонування оснащення, розраховано параметри затискних зусиль, оцінено працездатність пристроїв при дії відцентрових і різальних навантажень.

Креслення спеціального ріжучого інструменту та контрольних-вимірних засобів розроблено згідно з чинними нормативами, із зазначенням допусків, посадок, шорсткості поверхонь та технічних вимог до виготовлення. У результаті реалізації запропонованих рішень підвищується технологічна надійність обробки, зменшується час допоміжних операцій, досягається стабільність розмірів і геометрії деталей при серійному виготовленні, що в комплексі дозволяє забезпечити необхідний технічний рівень вузла ГУ 90 у складі системи керування транспортною засобу.

Перелік використаних джерел

1. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка. – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.
2. 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.
3. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.
4. 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.
5. Мажара В. А. Технологічна оснастка. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2009. – 44 с.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по кафедрі «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 8.090202 /Уклад. І.І. Павленко та ін. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – 40с.
7. Кривошея А.В., Данильченко Ю.М., Мельник В.Е., Благут Э.М. Перспективы применения твердосплавных отрезных дисковых фрез при обработке цилиндрических зубчатых колес // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – Вып.69. – С. 115-120.

8. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І., Короткий Є.В. Кінематика формоутворення циліндричних зубчастих коліс з заданим профілем дисковим інструментом // Вестник НТУУ “Киевский политехнический институт”, сер. Машиностроение. – 2005. – № 46. – С. 104-108.
9. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І. Математичне моделювання законів руху дискового інструменту при обробці зубчастих коліс довільного профілю // Вестник НТУУ “Киевский политехнический институт”, сер. Машиностроение. – 2006. – № 49. – С. 104-108.
10. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / К. К. Щербина та ін., – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 16с.
11. Боровик О. В., Малашин М. О. Довідник з креслення. Стандарти ISO : навчально-методичний посібник. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ. 2014. 104 с.
12. ДСТУ ISO 128-1:2005 Технічні Кресленики. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
13. ДСТУ EN ISO 10209:2018 Технічна документація на продукцію. Словник термінів щодо технічних креслеників, визначення виробів і відповідної документації. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008.
14. ДСТУ ISO 5457:2006 Документація технічна на вироби. Розміри та формати. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008.
15. ДСТУ ISO 5455:2005 Кресленики технічні. Масштаби. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006.
16. ДСТУ ISO 3098-0:2006 Документація технічна на вироби. Шрифти. Загальні вимоги. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2006.
17. ДСТУ ISO 128-20:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.

- 18.ДСТУ ISO 128-21:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 21. Лінії, виконані автоматизованим проектуванням. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 19.ДСТУ ISO 128-22:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 22. Основні положення та правила застосування 27 ліній виносок і полиць ліній-виносок. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 20.ДСТУ ISO 128-24:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 21.ДСТУ ISO 128-30:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 22.ДСТУ ISO 128 34:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 34. Види на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 23.ДСТУ ISO 128-40:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007.
- 24.ДСТУ ISO 128-44:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних креслениках. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2005.
- 25.ДСТУ ISO 128 50:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006.
- 26.ДСТУ EN ISO 1302:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Познака зовнішньої текстури в технічній документації на продукцію. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 27.ДСТУ ISO 129 1:2007 Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи. [Чинний від 2009-07-01]. Київ, 2010.

- 28.ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. [Чинний від 2003-10-01]. Київ, 2003. 28
- 29.ДСТУ EN ISO 2692:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Визначення геометричних допусків. Вимоги щодо максимуму матеріалу (MMR), мінімуму матеріалу (LMR) та взаємодії (RPR). [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 30.ДСТУ ISO 2768-1:2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 31.ДСТУ ISO 2768-2:2001 Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 32.ДСТУ ISO 5458-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Встановлення геометричних допусків. Позиційні допуски. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002.
- 33.ДСТУ EN ISO 5459:2018 Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Геометричні допуски. Бази та системи баз. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 34.ДСТУ ISO 7083:2009 Кресленики технічні. Умовні позначки геометричних допусків. Співвідношення та розміри. [Чинний від 2011-07-01]. Київ, 2015.
- 35.ДСТУ ISO 10578:2014 Кресленики технічні. Допуски орієнтування та розташування. Виступне поле допуску. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015.
- 36.ДСТУ EN ISO 6433:2018 Кресленики технічні. Позначення деталей. [Чинний від 2019-01-01]. Київ, 2018.
- 37.ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах. [Чинний від 2006-10-01]. Київ, 2007.
- 38.ДСТУ ISO 7573:2006 Кресленики технічні. Специфікація. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2008.