

Міністерство освіти та науки України
Державний університет “Житомирська політехніка”
Кафедра механічної інженерії

“На правах рукопису”

УДК 622.91.002

“До захисту допущено”

Завідувач кафедри

механічної інженерії


(підпис)

Мельник О.Л.

(прізвище, ініціали)

БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Високотехнологічний
комп'ютерний інжиніринг»)
на тему: “Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
конічного зубчастого колеса з круговим зубом конічно-циліндричного
редуктора підйому вантажного ліфта”

МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ

Студент групи

ПМ-142

шифр групи

Лісін Анатолій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Керівник

доцент Яновський Валерій Анатолійович

(науковий ступінь, та вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

Житомир 2025

«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра механічної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

механічної інженерії

 Мельник О.Л.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лісіну Анатолію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом конічно-циліндричного редуктора підйому вантажного ліфта».

Керівник роботи: Яновський Валерій Анатолійович, доцент.

Затверджена наказом по університету від «20 » «березня» 2025 р.

2. Строк подання студентом роботи – 9 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: складальне креслення чотириступінчастого конічно-циліндричного редуктора, креслення конічного колеса з круговим зубом, тип виробництва серійний, типові технологічні процеси виготовлення конічних зубчастих коліс з круговим зубом, державні та міжнародні стандарти, технічні умови на виготовлення конічного колеса з круговим зубом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити): проаналізувати питання застосування конічних коліс з круговим зубом в редукторах; проаналізувати технічні характеристики чотириступеневого редуктора та визначити функції конічного зубчастого колеса

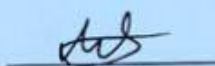
з круговим зубом в ньому; розробити 3D-модель конічного колеса з круговим зубом; виконати аналіз деталі на технологічність; розробити технологічний процес виготовлення деталі, виконати вибір технологічного обладнання та оснащення; виконати необхідні розрахунки припусків режимів різання та норм часу; розробити комплект технологічної документації; розробити конструкцію спеціального верстатного пристосування для свердлування, розробити конструкцію шпонкової протяжки $b = 14$ мм, розробити калібр-пробку для контролю отвору $\varnothing 35H7$ мм.

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Робоче креслення конічного колеса з круговим зубом – 1 арк. презентації; 2. Креслення заготовки – 1 арк. презентації; 3. Складальне креслення чотириступінчастого конічно-циліндричного редуктора – 1 арк. презентації; 4. Карти налагоджень на технологічні операції – 4 арк. презентації; 5. Складальне креслення спеціального пристрою – 1 арк. презентації; 6. Креслення шпонкової протяжки – 1 арк. презентації; 7. Креслення калібр-пробки – 1 арк. презентації; 8. 3D-моделі розроблених конструкцій – 4 арк. презентації; 9. Карти наладок – 4 арк. презентації.

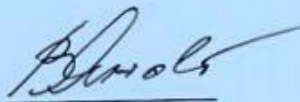
6. Дата видачі завдання: 6 січня 2025 року

Студент



Лісін А.О.

Керівник роботи



Яновський В.А

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

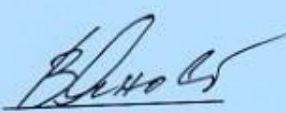
№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1	Виконання загально-технічного розділу	10.02.2025	
2	Виконання технологічного розділу	15.03.2025	
3	Виконання конструкторського розділу	30.04.2025	
4	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	12.05.2025	
5	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	24.05.2025	
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи	30.05.2025	
7	Подання бакалаврської роботи на кафедру	10.06.2025	
8	Захист кваліфікаційної роботи	згідно графіку захистів	

Студент



Лісін А.О.

Керівник роботи



Яновський В.А

АНОТАЦІЯ

Державний університет «Житомирська політехніка», факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій мехатроніки і робототехніки, кафедра механічної інженерії – Житомир 2025.

Лісін А.О. «Конструкторська технологічна підготовка виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом редуктора підйому вантажного ліфта».

Пояснювальна записка складається з 83 сторінок формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 14 таблиць, 27 малюнків та, 12 сторінок комплекту технічної документації та списку літератури з 13 джерел.

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто класифікацію зубчастих коліс в машинобудуванні та види конічних зубчастих коліс, проаналізовані види конструкційних матеріалів для виготовлення зубчастих коліс, точність зубчастих коліс, та їх термообробка.

Розроблено конструкцію конічного зубчастого колеса з круговим зубом. Проведено аналіз технологічності конструкції, розраховані припуски на обробку, встановлено метод отримання заготовки та розроблено конструкцію, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі, вибрано технологічне обладнання та оснащення, розраховані режими різання та проведено нормування часу.

Розроблено та оформлено комплект технологічної документації на виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом. Зроблені висновки по виконаній роботі.

Розроблено конструкцію спеціального пристрою для свердлування 6 отворів $\varnothing 30H14$ мм, розроблена конструкція протяжки для протягування пазу 14P7 мм та розроблена калібр-пробка для контролю отвору $\varnothing 35H7$ мм.

При виконанні кваліфікаційної роботи було використано таке програмне забезпечення: AutoCAD, Autodesk Inventor.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані на машинобудівних підприємствах та в навчальному процесі.

Ключові слова: класифікація зубчастих коліс, аналіз технологічності, технологічне обладнання та оснащення, спеціальні пристрій, комплект технологічної документації.

ANNOTATION

State University “Zhytomyr Polytechnic”, Faculty of Computer-Integrated Technologies of Mechatronics and Robotics, Department of Mechanical Engineering - Zhytomyr 2025.

Lisin A.O. “Design and technological preparation for the manufacture of a bevel gear with a circular tooth of the freight elevator lifting gearbox”.

The explanatory note consists of 81 pages of A4 format explanatory note, including 14 tables, 27 figures and, 12 pages of technical documentation and a list of references from 13 sources.

This qualification work considers the classification of gears in mechanical engineering and types of bevel gears, analyzes the types of structural materials for the manufacture of gears, the accuracy of gears, and their heat treatment.

The design of a bevel gear with a circular tooth is developed. The manufacturability of the design was analyzed, machining allowances were calculated, the method of obtaining the work piece was established and the design was developed, the route technology for manufacturing the part was developed, the technological equipment and tooling were selected, cutting modes were calculated, and time rationing was performed.

A set of technological documentation for the manufacture of a bevel gear with a circular tooth was developed and designed. Conclusions on the work performed were made.

The design of a special device for drilling 6 holes $\varnothing 30H14$ mm, the design of a broach for broaching a 14P7 mm groove and the design of a gauge plug for controlling the hole $\varnothing 35H7$ mm.

The following software was used to perform the qualification work: AutoCAD, Autodesk Inventor.

The results of the qualification work can be used at machine-building enterprises and in the educational process.

Keywords: gear calibration, analysis of manufacturability, technological equipment and tooling, special devices, set of technological documentation.

[illegible]

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1 Встановлення службового призначення, технічних умов на виготовлення і конструктивного виконання зубчастих передач.....	13
1.2 Класифікація зубчастих передач в машинобудуванні.....	14
1.3 Види та характеристики конічних зубчастих передач.....	15
1.4 Об'єкт виробництва – конічне зубчасте колесо з круговим зубом.....	18
1.5 Чотириступінчастий конічно-циліндричний редуктор та його характеристик.....	19
1.6 Аналіз умов роботи деталі «Конічне зубчасте колесо з круговим зубом».....	20
1.7 Показники якості конічних зубчастих коліс.....	22
1.8 Вимоги точності до конічних зубчастих коліс.....	23
1.9 Вимоги до вибору конструкційних матеріалів.....	25
1.10 Вимоги до термічної обробки конічних зубчастих коліс.....	26
1.11 Основні технологічні завдання що вирішуються при виготовленні конічних зубчастих коліс.....	28
1.12 Висновки розділу.....	28
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	29
2.1 Аналіз конструкції деталі та службового призначення.....	29
2.2 Аналіз технологічності деталі.....	31
2.3 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	33
2.4 Визначення способу виготовлення заготовки та розробка та способу її виготовлення.....	34
2.4.1 Методи визначення загальних припусків, розмірів та конструкції заготовки отриманої гарячим об'ємним штампуванням.....	36
2.4.2 Визначення основних припусків.....	37
2.5 Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на механічну обробку заготовки.....	39
2.5.1 Розрахунок міжопераційних припусків на обробку внутрішнього отвору Ø35H7 мм розрахунково-аналітичним методом.....	39
2.6 Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на механічну обробку заготовки.....	41
2.7 Розробка та обґрунтування операцій технологічного процесу.....	45
2.7.1 Розробка комплексу технологічної документації (КТД).....	45
2.7.2 Вибір технологічного обладнання.....	45

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом конічно-циліндричного редуктора підйому вантажного ліфта	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Лісін А.О.		10.06				
Перевір.		Яновський В.А.		10.06			10	84
						Державний університет «Житомирська політехніка»		

2.7.3	Вибір технологічного оснащення.....	52
2.8	Розрахунок режимів різання.....	53
2.8.1	Загальні положення.....	53
2.8.2	Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом при чорновому, напівчистовому, чистовому розточуванні отвору Ø35H7 мм.....	54
2.8.3	Розрахунок режимів різання за таблицями загальномашинобудівних нормативів та технічних довідників для свердлування 6 отворів Ø30H14 мм.....	59
2.8.4	Визначення режимів різання для горизонтального протягування шпонкового пазу 14P7 мм.....	60
2.9	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	63
2.9.1	Загальні відомості.....	63
2.9.2	Нормування токарно-гвинторізної операції.....	64
2.9.3	Нормування вертикально-свердлильної операції.....	66
2.9.4	Нормування горизонтально-протяжної операції.....	67
2.10	Висновки розділу.....	68
	3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	69
3.1	Назва та зміст технологічної операції для якої проектується спеціальний верстатний пристрій.....	69
3.1.1	Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції.....	73
3.1.2	Розрахунок похибки базування на розмір Ø120H14 мм.....	74
3.1.3	Розрахунок необхідної сили затискання заготовки в пристрої.....	75
3.1.4	Розрахунок параметрів гідравлічного приводу.....	77
3.1.5	Визначення фактичної сили затискання заготовки в пристрої.....	78
3.1.6	Розробка конструкції спеціального пристрою та опис принципу роботи пристрою.....	78
3.2	Проектування спеціального протяжки для протягування шпонкового пазу b = 14P7 (протяжка шпонкова b = 14P7 мм).....	79
3.3	Проектування спеціальної калібр-пробки для контролю отвору Ø35H7 кінцевого зубчастого колеса.....	85
3.4	Висновки розділу.....	88
	Висновки.....	89
	Список використаної літератури.....	90
	ДОДАТКИ.....	92

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лісін А.О.	<i>[підпис]</i>	10.06	Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення кінцевого зубчастого колеса з круговим зубом кінечно-циліндричного редуктора підйому вантажного ліфта			
Перевір.		Яновський В.А.	<i>[підпис]</i>	10.06				
					Літ.	Арк.	Аркушів	
						11	84	
					Державний університет «Житомирська політехніка»			

ВСТУП

Зубчасті конічні передачі є невід'ємною складовою сучасних машин і механізмів. Їх поділяють на два основних типи: силові передачі, що забезпечують передачу крутного моменту із зміною швидкості обертання валів, та кінематичні передачі, що використовуються для здійснення обертального руху між валами при значних крутних моментах.

Зубчасті конічні передачі набули широкого поширення завдяки своїй універсальності, високому коефіцієнту корисної дії (К.К.Д.), можливості застосування в широкому діапазоні механізмів, компактності та надійності.

Також даний вид в зубчастих передач вимагають високої якості робочої поверхні зубців. Обробка зубців на конічному зубчастому колесі з круговим зубом є одними із найскладніших етапів механічної обробки, що виконується на спеціальному верстаті із використанням спеціального різального інструменту.

Технологічний процес виготовлення конічних зубчастих коліс з круговим зубом потребують врахування конструктивних і технологічних особливостей, що визначають вид термічної або хіміко-термічної обробки поверхонь зубців.

Дана робота являє собою конструкторсько-технологічною підготовкою виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом, в умовах серійного виробництва, що використовується у чотириступінчастому конічно-циліндричному редукторі, механізму підйому вантажного ліфта.

Основними завданнями при розробці технології виготовлення зубчастих коліс з круговим зубом є:

- вибір правильного матеріалу який буде застосований для його виготовлення;
- Вибір раціональних, економічно вигідних методів обробки, які будуть забезпечувати: зниження собівартості і трудомісткості виготовлення, а підвищення стабільності процесу і якості виготовленого виробу;
- Вибір інструментів які забезпечать найкращу якість оброблених поверхонь.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Встановлення службового призначення, технічних умов на виготовлення і конструктивного виконання зубчастих передач

Зубчасті конічні та конічно-циліндричні передачі є одним з поширених механічних передач у сучасному машинобудуванні та приладобудуванні. Їх використовують як у механічних точних приладах, де розміри коліс вимірюються кількома міліметрами, так і потужних механізмах із розмірами коліс до 10 м. Зубчасті передачі здатні працювати в різноманітних умовах із коловими швидкостями до 150 м/с.

Зубчасті передачі складаються із двох рухомих ланок – коліс, на маточинах яких розміщені поверхні із зубцями та стояків. Зубці коліс входять у зачеплення між собою завдяки чому вони забезпечують передавання обертового руху від одного колеса до другого.

В більшості випадків зубчасті передачі призначені для передавання обертового руху, але можуть застосовуються як передачі для перетворення обертового руху в поступальний (передача зубчасте колесо-рейка).

Переваги та недоліки конічних зубчастих передач з круговим зубом.

Переваги:

- Сталість передаточного відношення;
- Висока надійність та довговічність робіт;
- Великий діапазон навантажень та компактність конструкції;
- Незначні навантаження на вали передач та їхні опори.

Недоліки:

- Високі вимоги до точності виготовлення;
- Шум при роботі на високих швидкостях;
- Потреба у частому змащуванні;
- Неможливість безступеневої зміни передаточного числа.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2. Класифікація зубчастих передач в машинобудуванні

У зв'язку з великою відмінністю умов використання зубчастих передач форма елементів зубчастих зачеплень та конструкції зубчастих коліс дуже різноманітні. Тому зубчасті передачі та колеса можна класифікувати за такими ознаками:

За формою профілю зубців:

- Евольвентні зубчасті передачі, які є найбільш поширеними;
- Неевольвентні передачі – до них відносять зубчасті передачі із круговим профілем зубців та передачі із циклоїдальними профілем зубців, які здебільшого застосовують у приладах та годинникових механізмах.

За взаємним розміщенням осей валів:

- Паралельні осі валів - циліндричні передачі зовнішнього зачеплення (рис. 1.1. а, б, в), передачі типу зубчасте колесо-рейка (рис. 1.1. г) та циліндричні передачі внутрішнього зачеплення (рис 1.1. д);
- Із валами, осі яких перетинаються, - конічні зубчасті передачі (рис. 1.2. а, б);
- Із мимобіжними у просторі осями валів – кругові зубчасті передачі (рис 1.2. в).

За формою зубців розрізняють:

- Прямозубі передачі та колеса (рис 1.2. а, г, д);
- Косозубі (рис 1.2. в);
- Шевроні (рис 1.1. б);
- З круговим зубом (рис 1.2. б)

За конструктивними оформленням:

- Закриті, що розміщені у спеціальному корпусі та забезпеченні постійним змащуванням;
- Відкриті що працюють без мастила або змащуються періодично.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

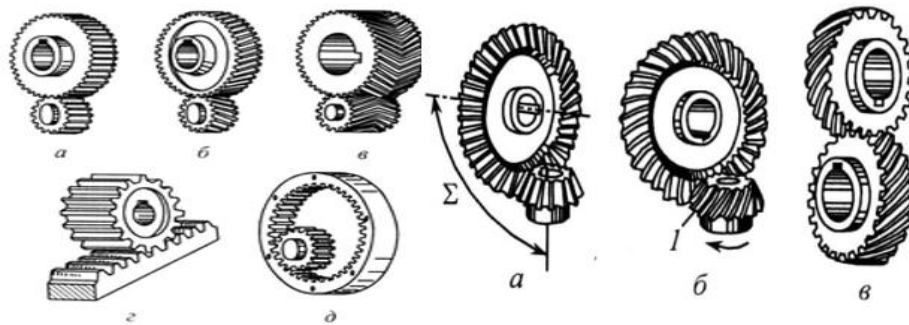


Рис 1.1. Види зубчастих передач
(з паралельними ося)

Рис 1.2. Види зубчастих передач
(з мимобіжними у протсорі осями)

За коловою швидкістю зубчастих коліс:

- Тихохідні - колова швидкість $v \leq 3$ м/с;
- Середньохідні - колова швидкість $v = 3 \dots 15$ м/с;
- Швидкохідні - колова швидкість $v > 15$ м/с;

1.3. Види та характеристики конічних зубчастих передач

Конічні передачі з круговим зубом є більш складнішими за циліндричними у виготовленні. Для нарізання кругових зубців потрібно застосовувати спеціальний зубонарізні верстати та різальні інструменти, а при монтажі таких коліс на вали потрібно забезпечити збіг вершин конусів з точкою перетину осей валів. Оскільки осі валів конічної передачі перетинаються, то виникають труднощі з розміщенням опор валів.

В більшості випадків одне із конічних зубчастих коліс розміщують консольно на валу. При цьому збільшується нерівномірність розподілу навантаження по довжині зубців. Осьові зусилля, що виникають у передачі, і викликають необхідність застосування більш складних опор для встановлення упорних або радіально-упорних підшипників.

Несуча здатність конічної зубчастої передачі значно нижча ніж у циліндричної при тих же розмірах колеса, і становить 85%. К.К.Д. конічної зубчастої передачі становить 0,95...0,96, що також нижче К.К.Д. циліндричної передачі на 1%.

III Передаточне число приводних конічних передач значно менше ніж циліндричних передач.

Незважаючи на вказані недоліки, конічні зубчасті передачі застосовуються досить широко, оскільки умови розміщення елементів машин і механізмів, вимагають розміщення валів під кутом один до одного. (рис. 1.3.).

Аналогічно до початкових валів циліндричної передачі в конічній передачі розглядаються початкові конуси (аскоїдні поверхні), які дотикаються один до одного по спільній твірній і перекочується один по одному без ковзання. Для виконання останньої умови ці конуси повинні мати спільну вершину, яка знаходиться у точці перетину осей коліс. Рух конусів відбувається навколо осі обертання. (рис. 1.3. вісь O,K).

Отже, для конічних зубчастих коліс геометричним параметром також є δW – кут початкового конуса. Крім того, розрізняють кути ділільних конусів, які є базовими для визначення елементів зубців та їх розмірів, кути конусів вершин, западин, основних конусів. На практиці найчастіше використовуються конічні передачі без зміщення, тобто для яких початкові та ділільні конуси збігаються.

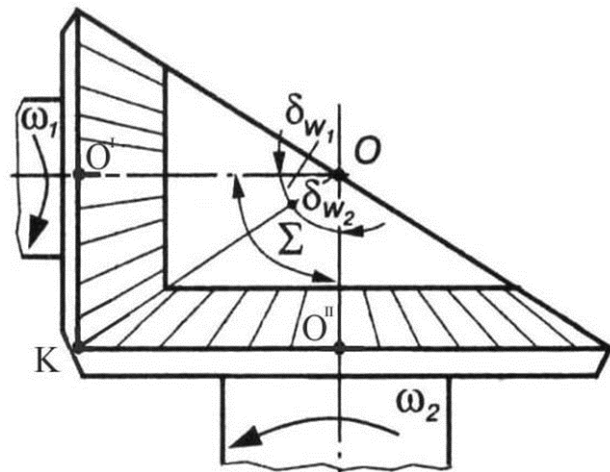


Рис. 1.3. Схема конічної зубчастої передачі

Зубці конічних коліс мають різні по всій довжині, а тому крок, модуль та інші параметри зубців у різних перетинах повинні мати різні значення. Вони зменшуються з наближенням до вершин початкових конусів. Отже, модуль зубців конічних коліс не є постійним у різних перерізах. За стандартний модуль у зовнішньому нормальному перерізі зуба.

У конічних та конічно-циліндричних передачах редукторів використовуються колеса, що відрізняються формою лінії зубців на розгортці ділильного конуса:

- Прямі зубці (рис. 1.4. а);
- Тангенціальні зубці (лінія зубців яких направлена по дотичній до додаткового кола радіуса r і утворює твірну кут β) (рис. 1.4. б);
- Кругові зубці (рис. 1.4. в).

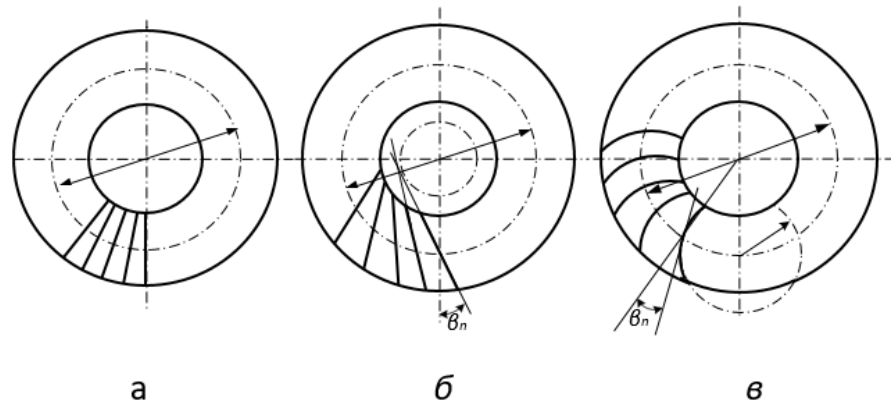


Рис. 1.4. Схеми конічних зубчастих коліс з прямими – а, тангенціальними – б та круговими – в

Форма І – це найбільш поширені зубці осьової форми (рис. 1.5. а), в яких вершини ділильного конуса і конуса западин збігаються. Це основна форма для прямозубих та косозубих конічних передач, а для коліс із коліс круговими зубцями вони мають обмежене використання.

Форма ІІ – де вершини конусів ділильного конуса і западин не збігаються (рис. 1.5. б, в).

Форма ІІІ – (рис. 1.5. г) використовується для коліс із круговими зубцями.

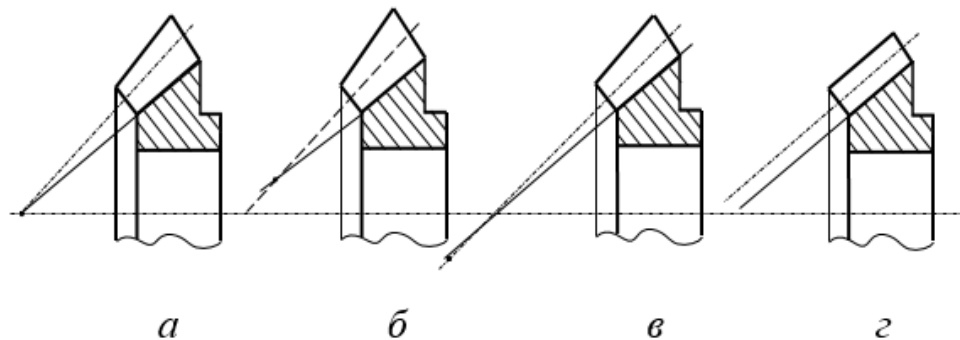


Рис. 1.5. Осьові форми зубців конічних коліс

Конічні прямозубі передачі використовуються у зубчастих передачах з порівняно невисокими коловими швидкостями – до 3,0 м/с (в деяких випадках – до 8,0 м/с).

Конічні передачі з тангенціальними зубцями використовуються у зубчастих передачах – колова швидкість у яких до 15 м/с.

Конічні передачі з круговими зубцями використовуються у зубчастих передачах – колова швидкість у яких до 30 м/с.

Як варіанти конічних передач з прямими, тангенціальними та круговими зубцями, існують також – гіпоїдні та спіроїдні зубчасті передачі. Вони вирізняються більшою несучою здатністю, плавністю роботи, зниженим рівнем шуму та меншою залежністю від точності монтажу. Завдяки цим якостям такі передачі отримують все більшого поширення у механізмах і машинах.

Незважаючи на певну складність їх проектування, за рахунок впровадження сучасні технології виготовлення дозволяють автоматизувати цей процес.

1.4. Об'єкт виробництва – конічне зубчасте колесо з круговим зубом



Рис. 1.7. 3D – модель конічного зубчастого колеса з круговим зубом

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Переваги та недоліки конічного зубчастого колеса з круговим зубом:

Переваги:

- 1) Плавна робота: кругові зубці забезпечують більш плавне та тихе передавання руху порівняно з прямозубими конічними колесами;
- 2) Мінімальне зношування: рівномірний розподіл навантаження зменшує зношування зубців деталі;
- 3) Здатність передавати великі навантаження: кругові зубці дозволяють передавати великі потужності та навантаження з меншими втратами

Недоліки:

- 1) Складність виготовлення: виробництво конічного колеса з круговим зубом потребує високої точності обробки робочої поверхні;
- 2) Велике тертя: через особливості контакту зубців може виникати більше тертя, що вимагає частого змащування;

1.5. Чотириступінчастий конічно-циліндричний редуктор та його характеристики

Даний редуктор представляє собою особливий вид редуктора, розроблений для зміни швидкості обертання і передачі крутного моменту між валами, розташованими під кутом 90° .

Завдяки своїм високим експлуатаційним характеристикам та значному терміну служби він широко використовується як основний привід у сучасних промислових системах.

Особливо популярними є редуктори подібного типу, що застосовуються, наприклад, для приводу конвеєрних ліній або тягових механізмів шахтних електровозів. При конструюванні та виборі матеріалу для конічного зубчастого колеса з круговим зубом у чотириступінчатому редукторі механізму пійому вантажного ліфта враховані вимоги до геометричних параметрів, режимів навантаження та показників надійності. 3D-модель чотириступінчастого комбінованого редуктора представлено на рис. 1.7.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики комбінованого чотириступінчастого редуктора:

- Вантажопідйомність – 8000 Н;
- Швидкість пійому вантажу до 0,3 м/с;
- Режим постійної роботи з регулярними зупинками;

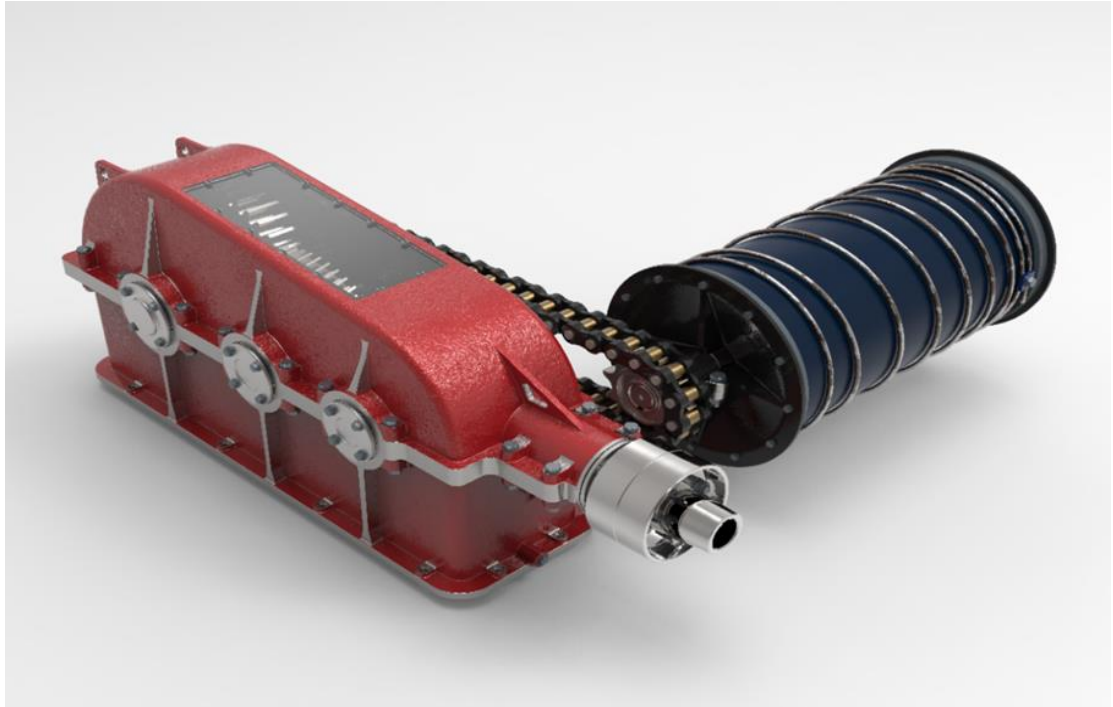


Рис. 1.7. 3D-модель чотириступінчастого комбінованого редуктора

Корпус редуктора є базовою деталлю, він забезпечує необхідну точність відносного положення ведучого і веденого валів. На валах встановлюються конічні та циліндричні колеса, що передають крутний момент з одного валу на інший. Базування валів здійснюється в корпусі за основними отворами, при цьому використовуються опори з радіально-упорними підшипниками.

1.6. Аналіз умов роботи деталі «Конічне зубчасте колесо з круговим зубом»

Однією з основних складових будь-кого редуктора є зубчасте колесо і шестерня, які забезпечують передачу крутного моменту з високошвидкісного валу на проміжний через шпонкове з'єднання. У парі з шестернею швидкохідного валу вони утворюють перший ступінь передачі моменту, де

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

первинне навантаження розподіляється між контактною поверхнею колеса і шпонковим пазом.

Сучасні передачі, що використовують конічні зубчасті колеса, можуть виконуватися як з прямими так із круговими зубцями; останні поступово витісняють варіанти з тангенціальними зубцями.

Конічні колеса з круговим зубом можуть мати як кругову евольвенту так і циклоїдальну, що забезпечує більшу здатність до навантаження, більш плавний хід роботи та знижений шум під час експлуатації. Допуски для даних передач регламентуються стандартами, які встановлюють до 12-ти квалітетів точності та відповідні до них допуски.

Конічні передачі з круговими зубцями порівняно з прямозубими мають більшу здатність до високих навантажень, дають більш плавніший хід завдяки чому мають менші динамічні навантаження.

Внаслідок дії осьових сил здатність до навантажень конічних передач як правило на 15% менша, ніж у відповідних циліндричних передач, а сам технологічний процес виготовлення та монтажу у машини або механізми набагато складніший. Проте ці обмеження не заважають їх широкому застосуванню у різному обладнанні, де передача крутного моменту під кутом є необхідною умовою.

Обертання передається через зубчасте зачеплення (рис. 1.8.). Відмова або руйнування зубців у зубчастого колеса тягне за собою припинення передачі крутного моменту і відмову руху агрегату.

Найбільш навантаженою частиною зубчастого колеса є зуб. У точці контакту спостерігається перекочування і ковзання зубці. Довговічність і надійність роботи конічного зубчастого колеса залежить від: сумарної плями контакту зубців – частина активної бічної поверхні зуба шестерні, на якій розташовані сліди прилягання зубців парного колеса після обертання під навантаженням в зібраній передачі яка визначається конструктором. Розташування цієї плями є фактором, що впливає на надійність і довговічність роботи зубчастих коліс в зачепленні.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Також важливим елементом зубчастих коліс є профіль зуба. Від методу і якості виготовлення профілю зуба залежать експлуатаційні характеристики, надійність та якість зачеплення.

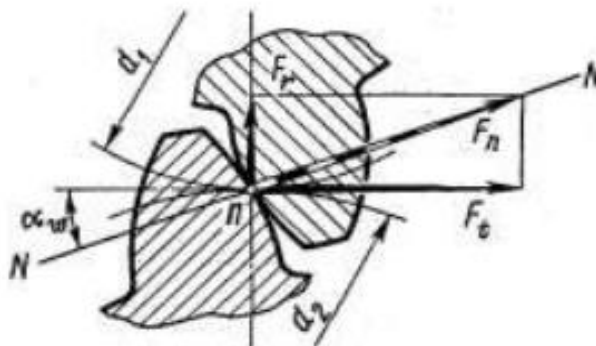


Рис. 1.8. Умови роботи зуба в зачепленні

На даний час найпоширенішими методами нарізання зубців є метод копіювання та обкочування. Метод копіювання передбачає формування бічних профілів зубців за допомогою спеціальних дискових або пальцевих фрез, що потребує набору зубонарізних інструментів і характеризується відносно низькою продуктивністю але кращою якістю обробки. Метод обкочування полягає у формуванні двох спряжених поверхонь зубців за допомогою однієї твірної поверхні, що забезпечує вищу точність, але вимагає ретельного контролю технологічного процесу.

1.7. Показники якості конічних зубчастих коліс

До показників якості зубчастих коліс, які визначаються прийнятно-здавальних і періодичних випробувань відносять:

- 1) Показники, що характеризують кінематичну точність зубчастого колеса (кінематична похибка колеса, кінематична похибка передачі, накопичена похибка, накопичена похибка кроку, похибка обкатування, коливання довжини загальної нормалі, коливання вимірювальної міжосьової відстані на один оберт колеса, радіальне биття зубчатого вінця.);

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- 2) Показники, що характеризують плавність роботи (відхилення кроку зачеплення, відхилення кроку зубчастого колеса, похибка профілю місцева кінематична похибка колеса, циклічна похибка колеса.);
- 3) Показники, що характеризують повноту контакту зубців (сумарна пляма контакту, миттєва пляма контакту, похибка напрямку зубців, сумарна похибка контактної лінії, відхилення осьових кроків по нормалі.);

При експлуатації зубчасті колеса можуть знавати таких негативних наслідків:

- 1) Вигин при різкому гальмуванні або заклинюванні при роботі з максимально допустимим крутним моментом;
- 2) Вигин у ніжці зуба, який може призвести до його втомного руйнування, виникає коли напруга може перевищувати 600 МПа;
- 3) Знос бічних поверхонь зуба, виникає при потраплянні абразивного пилю і бруду в зону контакту, зносу торцевих поверхонь зубців, при недостатньому змащуванні робочих поверхонь (через яке може відбуватися «схоплювання», утворення задирів, що призводять до швидкого зносу поверхні зуба).

1.8. Вимоги точності до конічних зубчастих коліс

У відповідності до Державних стандартів України (ДСТУ) встановлено дванадцять ступенів точності конічних зубчастих коліс, які позначаються в порядку спадання цифрами (12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1). Для ступенів точності 1 і 2 допуски і граничні відхилення не наводяться, та як ці ступені передбаченні для подальшого розвитку. Використання конічних зубчастих передач в машинах від ступеня точності наведені в таблиці 1.1.

Для кожного ступеня точності конічних зубчастих коліс і передач встановлюються:

- Норми кінематичної точності;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- Норми плавності роботи;
- Норми контакту зубців з зубчастих коліс в передачі.

Допускається комбінування норм кінематичної точності, норм плавності і норм контакту зубців і передач на їх базі різних ступенів точності.

Таблиця 1.1.

Використання зубчастих передач у машинах і механізмах
(в залежності від ступення точності)

Ступінь точності	Машини і механізми
6	Металорізальні верстати підвищеної точності, відлікові та вимірювальні пристрої.
6-8	Металорізальні верстати нормальної точності
7-9	Редуктори загального призначення
8-10	Кранові механізми
9-10	Підйомні лебідки
9-11	Транспортуючі машини

При комбінуванні норм різних ступенів точності норми плавності роботи зубчастих коліс і передач можуть бути не більш ніж на два ступені точності або на одну ступінь грубші від норм кінематичної точності. Норми контакту зубців можуть призначатися за будь-яким ступенем, більш точніші ніж у нормах плавності роботи зубчастих коліс і передач, а також на одну ступінь грубші норми плавності.

Кінематична точність: характеризується похибкою кута за один оберт шестерні і пов'язана з накопиченою похибкою кроку.

Плавність роботи: характеризується коливанням швидкості обертання колеса при рівномірному обертанні шестерні в межах одного оберту.

Пляма контакту зубця: розмір плями впливає на величину контактних напружень на бічні поверхні зуба та довговічність роботи передачі.

Бічний зазор: характеризується вільним обертання коліс без заїдання зубців.

Незалежно від ступеню точності, стандартом встановлені норми точності на бічний зазор для різних видів спряжень, які позначаються в порядку збільшення (**H, E, D, C, B, A**) (рис 1.9.).

Зазор в спряженні **H** дорівнює нулю. Спряження виду **B** забезпечує мінімальну величину бокового зазору, при якому виключається можливість заїдання сталевोї або чавунної зубчастої передачі від нагрівання при різниці температур зубчастих коліс і корпусу в 25°C.

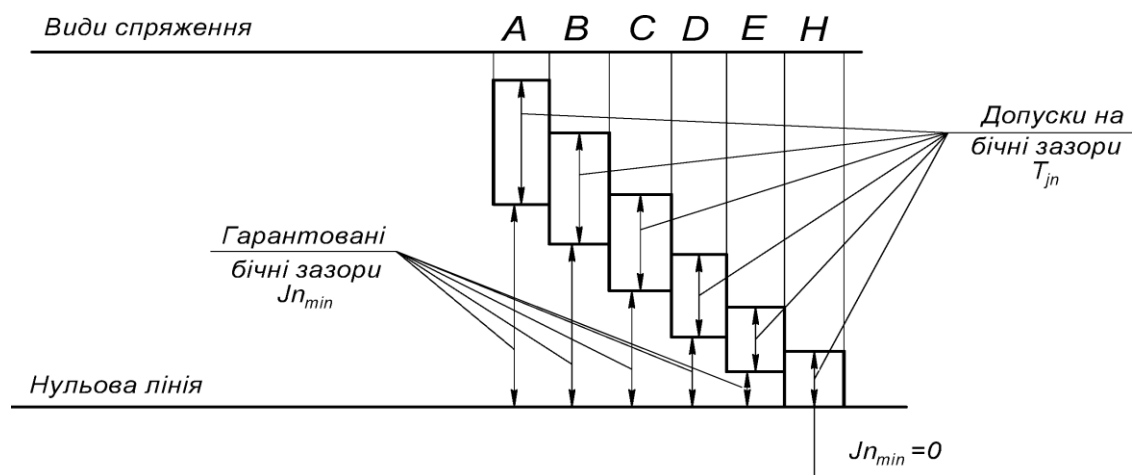


Рис 1.9. Види спряжень та гарантовані бічні зазори

Точність зубчастих коліс в силових передачах вибирають в залежності від швидкості обертання, а точність зубчастих коліс в кінематичних передачах вибирають в залежності від призначення цих передач.

Для точних зубчастих коліс нормується також і радіальне биття. Де посадковий отвір виконується за 7-м квалітетом, а для прецизійних коліс з а 5 – 6-ми квалітетами.

1.9. Вимоги до вибору конструкційних матеріалів

Як правило для виготовлення конічних зубчастих коліс обирають конструкційну якісну та леговану сталь, сірі чавуни або пластмасові замінники.

Основна функція конічної шестерні передавати крутний момент від ведучого валу на ведений, який розташований під певним кутом.

При цьому зубці конічних зубчастих коліс безперервно і закономірно контактують один з одним: зона контакту поступово переміщується по евольвентній поверхні, що супроводжується проковзуванням спряженням профілів. Через це на зубці діють як згинаючі напруження, так і високі контактні напруги, що періодично повторюються відповідно до обертів валу та співвідношення передачі. Складний характер впливу контактних сил на згин і тертя, зокрема в умовах наявності абразивного середовища, може призводити до руйнування поверхневого шару матеріалу зубців.

Конічні зубасті колеса виготовляють з різних марок конструкційних сталей, сірих чавунів та пластмас. Але основними матеріалами для конічних зубчастих являються вуглецеві і леговані сталі (сталь 45, 20, 40Х, 35Х, тощо), які додатково піддаються хіміко-термічній обробці.

Зубчасті колеса для металорізальних верстатів виготовляють здебільшого із якісних вуглецевих сталей 45 і 50, а також легованих хромистих сталей з індексом «Х». В даний момент для виготовлення все частіше використовують низьколеговані сталі з вмістом бору (сталь 20ХГР, 25ХГР або їх аналоги). Введення невеликих кількостей бору (0,002 – 0,005 %) значно збільшує її прогартовуваність, міцність і в'язкість.

Для виготовлення зубчастих коліс відкритих тихохідних передач використовують сірі чавуни. Сірі чавуни мають хорошу стійкість до заїдання, тому чавунні зубчасті колеса можуть працювати з більш низьким рівнем змащування. Для виготовлення даних зубчастих використовуються сірі чавуни марки: СЧ25, СЧ35, СЧ45, а також високоміцні чавуни з вмістом графіту.

1.10. Вимоги до термічної обробки конічних зубчастих коліс

Для зниження ризику пошкодження робочої поверхні зубців зубчастих передач як правило застосовують термообробку або хіміко-термічну обробку, що досягти необхідного рівня міцності.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

В кінематичних передачах для точної передачі обертового руху між валами при невеликих значеннях крутного моменту, зубці колеса не гартуються

До основних видів термічної обробки зубчастих коліс відносять наступні види:

- Об'ємне гартування: є найбільш простим способом термічної обробки зубчастих коліс. Його недоліком є високе прогартування матеріалу, що зменшує втомну міцність матеріалу при згині зубців;
- Поверхнєве гартування: забезпечує високу твердість поверхні зубців. Нагрівання при поверхневому гартуванні проводяться в спеціальних індукторах з використанням струму високої частоти (СВЧ);
- Цементация: насичення сталі вуглецем з наступних загартуванням, що також забезпечує високу твердість поверхонь зубців. Для цементации використовуються якісні вуглецеві сталі з низьким вмістом вуглецю;
- Нітроцементация: насичення сталі азотом і вуглецем, що забезпечує високу твердість поверхні зубців. Нітроцементация з подальшою термообробкою на глибину 0,4...0,8 мм, дозволяє досягати твердості зубців HRC 56...60, при збереженні твердості серцевини не менше HRC 28.

При визначенні марок сталей при проектуванні конічних зубчастих коліс важливо враховувати не лише вимогу до твердості, але й габаритні розміри заготовки. При цьому величина гартування суттєво не змінюється.

Застосування сталей з поганим гартуванням, що використовуються для велико-габаритних деталей обмежує можливість досягнення високої поверхневої твердості, тому остаточний вибір конструкційного матеріалу для виготовлення конічного зубчастого колеса здійснюється після розрахунку геометричних параметрів зубчастої передачі.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.11 Основні технологічні завдання що вирішуються при виготовленні конічних зубчатих коліс

До цих завдань можна віднести:

- Забезпечення точності розмірів: найточнішим елементом конічного зубчастого колеса є центральний отвір, як правило він обробляється за 6 – 8 квалітетом точності та шорсткістю $Ra\ 1,25 - 0,32\ \mu m$.
- Забезпечення точності взаємного розташування робочих поверхонь:
 - 1) Неспіввісність початкового кола зубастого колеса відносно посадкових поверхонь допускається в діапазоні $0,05 - 0,1\ mm$;
 - 2) Досягнення концентричності центрального отвору і ділильного кола;
 - 3) Досягнення концентричності центрального отвору і кола виступів (радіальне биття по ділильному колу $0,03 - 0,04\ mm$);
 - 4) Забезпечення норм точності поверхонь зубців (7 – 9 ступені точності за кінематикою, плавністю роботи і контактом зубців);

До вимог, що забезпечують якісну обробку робочої поверхні конічного зубчастого колеса, відноситься і забезпечення відповідної шорсткості. При виготовленні зубчастого вінця його зовнішня поверхня повинна відповідати 6-му квалітету із шорсткістю $Ra\ 1,25\ \mu m$, а внутрішня – 7-му квалітету з $Ra\ 0,4$. Крім того конструція деталі вимагає точного взаємного розташування форми і розмірних параметрів.

1.12 Висновки розділу

В даному розділі було проаналізовано застосування конічних коліс з круговим зубом в редукторах, технічні характеристики чотириступеневого редуктора, та визначено функції конічного зубчастого колеса з круговим зубом в редукторі. Також обґрунтовано вибір матеріалу та термообробку при виготовленні конічних зубчастих коліс з круговим зубом.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз конструкції деталі та службового призначення

Конічне колесо з круговим зубом – це деталь яка використовується в різних механічних системах для передачі обертання між деталями. Це зубчасте колесо з конічним профілем зубців, яке забезпечує плавне і точне переміщення. Воно зустрічається в таких пристроях, як передачі, зубчасті механізми, трансмісії та інші механічних пристроях.

Переваги та недоліки даної деталі:

Переваги:

1) Плавна робота: кругові зубці забезпечують більш плавне та тихе передавання руху порівняно з прямозубими колесами.

2) Висока ефективність: Завдяки круговим зубцям навантаження розподіляється рівномірно, що підвищує ефективність передачі.

3) Менше зносу: Рівномірний розподіл навантаження зменшує знос деталей.

4) Здатність передавати великі навантаження: кругові зубці дозволяють передавати великі потужності та навантаження з меншими втратами.

Недоліки:

1) Складність виготовлення: Виробництво конічних коліс з гвинтовим зубом вимагає високої точності і спеціального обладнання, що підвищує їхню вартість.

2) Складність встановлення: Встановлення та налаштування таких коліс потребує більшої уваги та точності.

3) Більше тертя: Через особливості контакту зубів може виникати більше тертя, що вимагає додаткового змащування.

4) Складніше обслуговування: Технічне обслуговування може бути складнішим через необхідність точного налаштування зубців.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана деталь виготовлена спеціально для чотириступінчастого редуктора який використовується як передача для підйому вантажів до 8000 Н, зі швидкістю 0,3 м/с.

Матеріал який застосовується для виготовлення даної деталі це сталь 35Х.

Сталь 35Х – це хромиста конструкційна легована сталь, яка застосовується в промисловому будівництві, а також для виготовлення деталей властивості яких покращуються шляхом додаткової термообробки.

Хімічний склад матеріалу, а також його механічні властивості наведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1.

Хімічний склад

Вуглець (С)	0,32 – 0,4 %
Сірка (S)	до 0,04 %
Фосфор (Р)	до 0,035 %
Марганець (Mn)	0,5 – 0,8 %
Кремній (Si)	0,17 – 0,37 %
Хром (Cr)	до 0,3 %
Нікель (Ni)	до 0,3 %
Мідь (Cu)	до 0,3 %

Таблиця 2.2.

Механічні властивості

Межа міцності при розтязі (зв), МПа	510 – 740
Межа текучості (от), Мпа	295 – 475
Відносне подовження (δ5),	22 – 25
Ударна в'язкість (КСУ), кДж/м ²	залежить від температури та обробки
Твердість за Роквеллом	залежить від термообробки
Модуль пружності, ГПа	200

2.2. Аналіз технологічності деталі

Мета аналізу технологічності конструкції деталі полягає в оцінці її можливості до ефективного виробництва при мінімальних витратах ресурсів та зусиль. Основні завдання такого аналізу включають:

- 1) Визначення виробничої придатності: Перевірка, наскільки легко та зручно можна виготовити деталь з використанням існуючих технологічних процесів і обладнання.
- 2) Оптимізація конструкції: Ідентифікація можливостей для спрощення конструкції або зменшення кількості виробничих операцій, що може знизити час і вартість виробництва.
- 3) Визначення матеріалів: Оцінка доцільності використання обраних матеріалів, їхньої доступності, вартості та оброблюваності.
- 4) Оцінка якості та надійності: Вплив конструкційних рішень на якість кінцевої продукції та її надійність у експлуатації.
- 5) Зниження виробничих витрат: Аналіз можливостей для зниження виробничих витрат, включаючи витрати на матеріали, обробку, складання та інші операції.

Загалом, аналіз технологічності конструкції допомагає забезпечити, що деталь буде вироблена ефективно, економічно та з належною якістю.



Рис.2.1. 3D модель деталі «Конічне колесо з круговим зубом»

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Розрахунок складових параметрів технологічності

1) Розраховуємо коефіцієнт точності K_{IT} за формулою:

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{K_{IT\text{cp}}} \quad [11] \quad (2.1)$$

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{9,83} = 0,11$$

де $K_{IT\text{cp}}$ – це середній квалітет точності.

$$K_{IT\text{cp}} = \frac{\sum K_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad [11] \quad (2.2)$$

де – K_i – квалітет і-го номера;

n_i – кількість поверхонь з квалітетом і-го номера;

$\sum n_i$ – загальна кількість поверхонь;

$$K_{IT\text{cp}} = \frac{7 \cdot 4 + 6 \cdot 1 + 14 \cdot 6}{12} = 9,83$$

2) Визначаємо середній коефіцієнт шорсткості $K_{Ш}$ за формулою:

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{K_{Ш\text{cp}}} \quad [11] \quad (2.3)$$

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{6,17} = 0,16$$

де $K_{IT\text{cp}}$ – це середній квалітет точності

$$Ш_{\text{cp}} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad [11] \quad (2.4)$$

$$Ш_{\text{cp}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 10 \cdot 6}{12} = 6,17$$

де $Ш_i$ – і-та шорсткість;

n_i – кількість поверхонь з і-ою шорсткістю;

$\sum n_i$ – загальна кількість поверхонь.

3) Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу K_{BM} за формулою:

$$K_{BM} = \frac{m_d}{m_3} \quad [11] \quad (2.5)$$

де m_d – маса готової деталі;

m_3 – маса заготовки.

$$K_{BM} = \frac{12,58}{15,5} = 0,81$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4) Визначаємо комплексний показник технологічності:

$$K_K = \frac{\sum K_i * K_{ie}}{\sum K_i} \quad [11] \quad (2.6)$$

де K_i – поточний показник технологічності;

K_{ie} – вага кожного показника технологічності.

$$K_K = \frac{0,11*0,25+0,16*0,25+0,81*0,25}{1} = 0,27$$

Якщо $K_K < 1$ то деталь вважається технологічною.

Висновок: отже за даними розрахунку на технологічність, даному деталь можна вважати технологічною.

Таблиця 2.3.

Розраховані показники технологічності

№ п/п	Назва поверхні або її позначення	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності IT	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 54мм	1	1	7	3,2
2	Внутрішня циліндрична поверхня Ø35H7	1	1	7	3,2
3	Внутрішня циліндрична поверхня Ø25H14	6	6	14	10
4	Шпонковий отвір 10мм х 3,4мм х 50мм	1	1	7	3,2
5	Фаска 3/60°	1	1	6	1,25
6	Фаска 2/45°	2	2	7	3,2

2.3 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва - це сукупність ознак, що характеризують технічну, організаційну та економічну структуру виробництва. Ці ознаки визначаються спеціалізацією виробництва, обсягами та номенклатурою виробів, а також формою руху предметів праці по робочих місцях.

Отже дана деталь має масу 12,58 кг, а програма річного випуску становить $N = 200$ шт. В даному випадку це буде середньосерійне виробництво.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad [11] \quad (2.7)$$

N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску в днях (рекомендоване значення періодичності: 3, 6, 12, 24, дні). Візьмемо 6 днів.

$$n = \frac{200 \cdot 6}{254} = 4,72 \approx 5 \text{ шт.}$$

Цей тип виробництва характеризується тим, що при ньому виготовляється обмежений асортимент продукції, а предмети праці до робочого місця надходять не штуками, як при одиничному виробництві, а періодичними партіями. Як правило, виготовлення значної частини продукції в умовах серійного виробництва стабільно повторюється протягом року або рядом років, що дає змогу організувати цей випуск на технологічно спеціалізованих ділянках.

Перевагами середньосерійного типу виробництва перед іншими, можна вважати високу гнучкість виробництва, яка дозволяє швидко і легко переключатись на випуск іншої продукції і достатня продуктивність праці, що забезпечує високу економічність виробництва.

Також в цього типу є свої недоліки – це витрати на робочу силу, устаткування та технологію виробництва більші, ніж у масового виробництва, але нижчі, ніж у одиничного.

2.4. Визначення способу виготовлення заготовки та розробка та способу її виготовлення

Вибір заготовки передбачає одержання такої заготовки, форма і розміри якої найбільше відповідають параметрам готової деталі з врахуванням об'єму випуску. Тому при виборі заготовки необхідно врахувати такі параметри, як: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, точність, програму випуску, розміри і масу. Будь-яка заготовка, призначена для подальшого механічного оброблення, виготовляється із припуском на розміри готової деталі.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різниця розмірів заготовки і остаточно обробленої деталі визначає величину припуску.

Для виготовлення заготовки для зубчастого конічного колеса з гвинтовими зубцями краще всього підходить «Штамповка».

Штамповка сталі – це процес, пластичної деформації металу зі зміною форми і розмірів тіла. [12]

Існує два основних види штамповки: листова – використовується для обробки листового металу, з якого отримують плоскі або вигнуті вироби; об'ємна - застосовується для обробки об'ємних заготовок, унаслідок чого виходять вироби просторової форми.

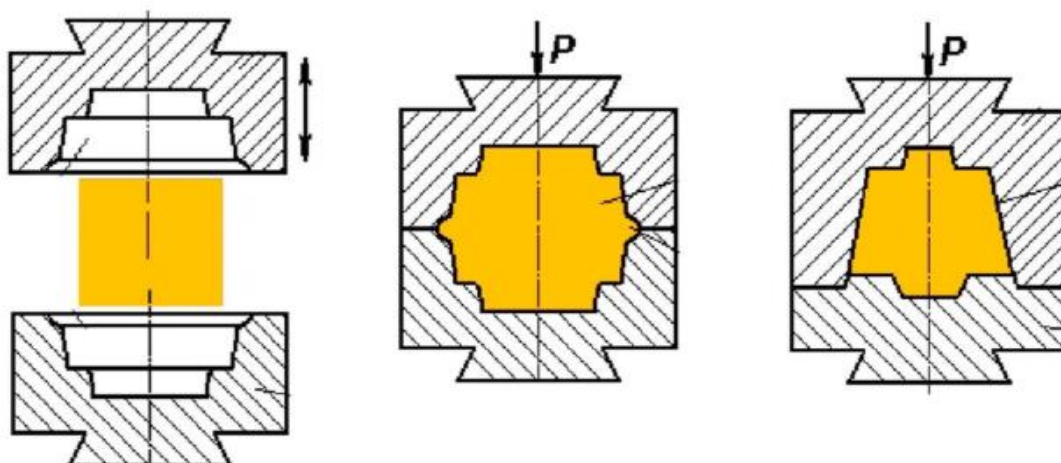


Рис. 2.2. Процес виготовлення заготовки штампуванням [12]

Переваги виготовлення деталей штампуванням:

- Висока продуктивність – дозволяє виготовляти більшу кількість виробів за короткий проміжок часу;
- Низька вартість – штамповка являється дешевшим методом обробки металу;
- Маловідходне виробництво – штамповка являється маловідходним виробництвом, що знижує негативний вплив на навколишнє середовище;
- Можливість виготовлення складних виробів – дозволяє виготовляти вироби складної форми, які важко або не можливо отримати іншими методами.

Недоліки виготовлення деталей штампуванням:

- Висока вартість обладнання – штампувальне обладнання є дуже дорогим, що обмежує доступність до цієї технології для більшості підприємств;
- Обмеження по товщині металу - штамповка може застосовуватися для обробки металу обмеженої товщини;
- Складність виготовлення штампів – виготовлення штампів є вижким і трудомістким процесом, особливо для складних деталей.

2.4.1. Методи визначення загальних припусків, розмірів та конструкції заготовки отриманої гарячим об'ємним штампуванням

Розрахунок припусків та розмірів штампованої заготовки кінцевого зубчастого колеса, виконуємо згідно рекомендацій підручника [12].

Зі збільшенням припуску зростає витрата часу, матеріалів, ресурсу різальних інструментів та електроенергії.

Але зменшення припуску вимагає використання більш дорогих методів обробки заготовки, вищої кваліфікації працівників, спеціалізованого устаткування та дорогих і більш якісних інструментів.

Також малі припуски на обробку спричиняють часту появу бракованих деталей, особливо в умовах автоматизованого виробництва.

Тому припуск слід вибирати так, щоб він був найбільш оптимальний для заданих умов виробництва.

Розміри припусків залежать від матеріалу, його марки, способу формування, розмірів заготовки, дефектного шару, тощо.

Припуск може бути призначений згідно довідкових таблиць незалежно від технологічного процесу механічної обробки та умов його виконання, або визначений розрахунково-аналітичним методом з урахуванням конкретних факторів, що впливають на його розміри.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.2. Визначення основних припусків

Основні припуски встановлюємо в залежності від вихідного індексу, розміру та шорсткості оброблюваної деталі, розміру та шорсткості деталі.

Таблиця 2.4

Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вихідні дані (норми точності)	Штамповка на кривошипних пресах			
	Згідно підручника [12]		Прийнято	
Клас точності	Т4-Т5		Т4	
Марка матеріалу	М2		М2	
Ступінь складності	С2		С2	
Вихідний індекс	14		14	
Конфігурація поверхні	-		-	
Роз'єднання штампа	П		П	
Розрахункові розміри заготовки, мм				
Основні припуски:	Ø274h8	Ø54h9	Ø35H7	Ø50h14
	1	2	3	4
	2,0	1,5	1,0	2,0
Припуски додаткові: на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,4	0,4	0,5	-
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності та прямолінійності	0,5	0,5	0,5	0,5
Розміри та допуски на обробку заготовки, мм	Ø 277,1	Ø56,4	Ø33	52,5
	4,1 (^{+2,1} / _{-1,1})	3,2 (^{+2,1} / _{-1,1})	2,8 (^{+1,0} / _{-1,8})	2,5 (^{+1,2} / _{-2,4})
Допуск на зміщення по поверхні штампа, мм		1,0		
Допуск вигнутості і відхилення від площинності та прямолінійності, мм		1,0		
Допуск на величину залишкового облою, мм		1,2		
Допуск на висоту облою, мм		5		

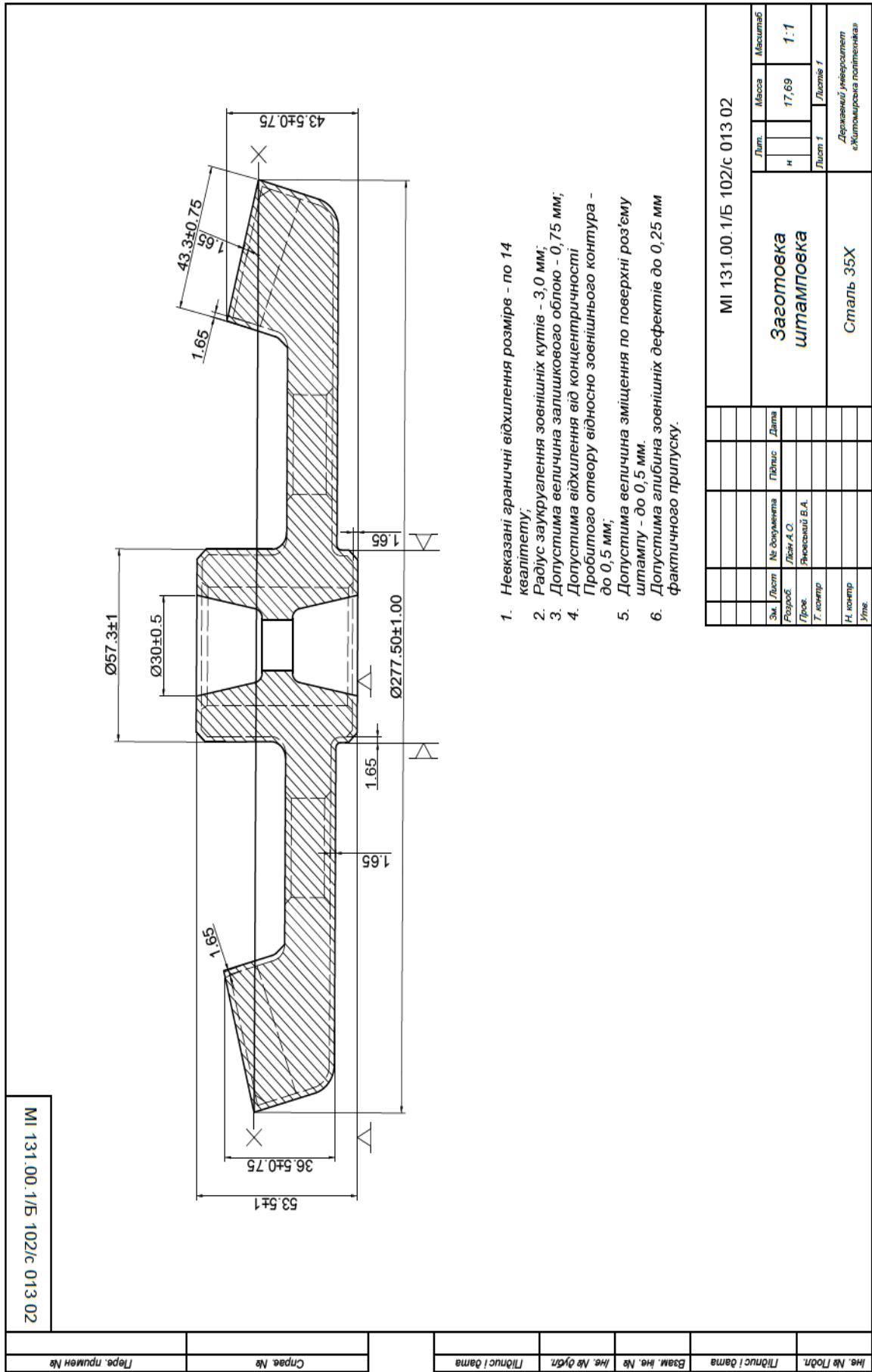


Рис 2.3. Креслення кінцевого колеса з круговим зубом

2.5. Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на механічну обробку заготовки

2.5.1. Розрахунок міжопераційних припусків на обробку внутрішнього отвору Ø35H7 розрахунково-аналітичним методом:

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{\min} = Ri-1 + Ti-1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma \text{заг}} + \varepsilon_{y.i}^2} [1] \quad (2.8)$$

де $Ri-1$ – висота нерівностей профілю;

$Ti-1$ – глибина дефектного шару;

$\Delta \Sigma i-1$ – сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ – величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних [1].

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{\text{заг}} = 200$ мкм;

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні:

$R_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм;

Величина висоти нерівностей профілю при напівчистовому точінні:

$R_{\text{чис.точ}} = 25$ мкм;

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 300$ мкм.

Визначаємо сумарне просторове відхилення за формулою:

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} [1] \quad (2.9)$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$\Delta_{\text{см}}$ – зсув стрижня = 0,2 мм = 200 мкм

Визначаємо короблення заготовки за формулою:

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} * D)^2 + (\Delta_{\text{к}} * L)^2} [1] \quad (2.10)$$

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 * 35)^2 + (0,7 * 50)^2} = 42,72 \text{ мкм};$$

де $\Delta_{\text{к}}$ – питома величина короблення.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = \sqrt{42,72^2 + 200^2} = 204,51 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,06 * 205 = 12,3 \text{ мкм [1] (2.11)}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після напівчистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 * 205 = 8,2 \text{ мкм [1] (2.12)}$$

Величина похибки установки:

- точіння чорнове – 20мкм;
- точіння напівчистове – 15мкм;
- точіння чистове – 10 мкм.

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

- точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{205^2 + 20^2}) = 1411 \text{ мкм} = 1,413 \text{ мм}$$

- точіння напівчистове:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{12,3^2 + 15^2}) = 238,8 \text{ мкм} = 0,241 \text{ мм};$$

- точіння чистове:

$$2Z_{\min} = 25 + 25 + \sqrt{8,2^2 + 10^2}) = 62,9 \text{ мкм} = 0,126 \text{ мм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

- точіння чистове: 35,025 мм
- точіння напівчисте:

$$35,025 - 0,126 = 34,899 \text{ мм};$$

- точіння чорнове:

$$34,899 - 0,241 = 34,658 \text{ мм};$$

- розрахунковий розмір заготовки:

$$34,658 - 1,413 = 33,45 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск:

- точіння чистове:

$$35 - 34,815 = 0,185 \text{ мм};$$

- точіння напівчисте:

-

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$34,815 - 34,508 = 0,307 \text{ мм};$$

- точіння чорнове

$$34,508 - 33 = 1,508 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.5.

Розрахунок припусків та проміжних розмірів для отвору Ø35H7

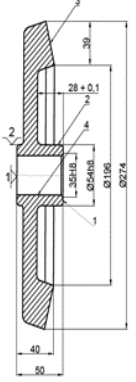
Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	R _{zi-1}	T _{i-1}	p _{i-1}	ε _i		max	min	max	min
Заготовка	200	300	205	-	0,25	33,45	33	-	-
Точіння чорнове	50	50	12,3	20	0,15	34,658	34,508	1,508	1,413
Точіння чистове	25	25	8,2	15	0,084	34,899	34,815	0,305	0,241
Точіння тонке	1,6	0	0	10	0,025	35,025	35	0,185	0,126

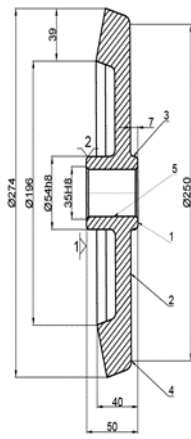
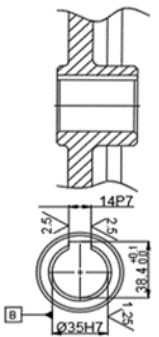
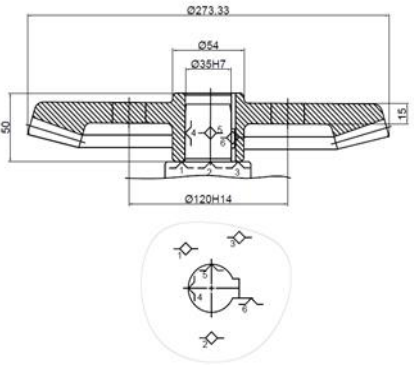
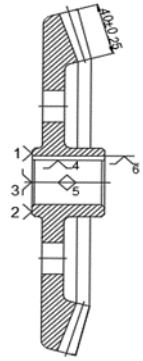
На інші поверхні заготовки що оброблюється загальні припуски призначаємо табличним методом.

2.6. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

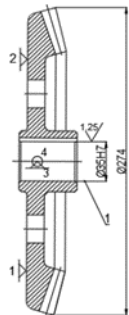
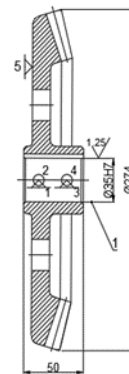
Таблиця 2.6

Технологічний маршрут виготовлення деталі

	Назва та зміст операції	Обладнання	Операційний ескіз
010	Токарна: 1) Підріза ти торець (1) витримавши Ra 2,5 мкм; 2) Точити поверхню (2) Ø54h8 мм попередньо і кінцево в розмір $28 \pm 0,1$ мм; 3) Точити конічну поверхню (3) Ø274 / Ø196 мм, попередньо і кінцево, витримавши Ra 2,5 мкм; 4) Розточити центральний отвір Ø35H8 (4); 5) Точити 2 фаски 2 х 45° мм.	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	

015	Токарна – програмна: 1) Підрізати торець (1) в розмір $\varnothing 50h8$ мм, витримавши $Ra\ 2,5$; 2) Підрізати торець (2) в розмір $\varnothing 250$ мм витримавши $Ra\ 2,5$ мкм; 3) Точити конічну поверхню (4); 4) Розточити отвір (4) $\varnothing 35H7$ мм остаточно з припуском під шліфування 5) Точити 2 фаски $2 \times 45^\circ$.	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПУ 16K20Ф3	
020	Протягувальна: 1) Протягнути шпонковий паз 14P7 мм витримуючи шорсткість $Ra = 2,5$ мкм.	Горизонтально-протяжний верстат 7Б534	
025	Свердлувальна: 1) Свердлувати 6 отворів $\varnothing 25H14$, витримуючи розмір $\varnothing 120H14$.	Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2	
030	Зубонарізна: 1) Нарізати зубці $m = 6$ мм, $z = 45$, витримуючи розмір $40 \pm 0,25$	Зубонарізний напівавтомат 525	

Закінчення таблиці 2.6

035	Хіміко-термічна: 1) Нітроцементация бічних поверхонь зуба 0,4...0,6 мм з подальшим гартуванням до 56...60 HRC	-	-
040	Зубошліфувальна: 1) Шліфувати зубці $m = 6$ мм, $z = 45$	Шліфувальний верстат 5B833	
045	Внутрішньо-шліфувальна: 1) Шліфувати отвір $\varnothing 35H7$ остаточно витримуючи шорсткість $Ra = 1,25$ мкм.	Шліфувальний верстат 3K228B	
050	Контрольна: 1) Контроль отриманих розмірів.	Калібр пробка	-

2.7 Розробка та обґрунтування операцій технологічного процесу

2.7.1 Розробка комплексу технологічної документації (КТД)

Розроблений технологічний процесу виготовлення деталі представляємо у вигляді технологічних документів загального і спеціального призначення до складу яких входять:

- Титульний лист (ТЛ);
- Маршрутні карти (МК);
- Операційні карти механічної обробки (ОК);
- Карти ескізів (КЕ).

Технологічна документація виконується згідно міждержавних стандартів.

Оформлений комплект технологічних документів на виготовлення деталі представлено в додатку 1 кваліфікаційної роботи.

Операційні карти (ОК) - це документ, який призначений для опису технологічної операції із зазначенням послідовного виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, і режими різання. Застосовується при розробці одиничних технологічних процесів.

ОК містить детальний опис операції ТП з розгорнутими операціями по переходах, вказаним режимом роботи, розрахункових норм, пристосування, обладнання, робочого та вимірювального інструменту.

2.7.2 Вибір технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання є важливим завданням при проектуванні та організації виробництва. Від правильного вибору обладнання залежить ефективність виробництва і якість продукції. В нашому випадку ми використовуємо верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Що дає змогу автоматизувати весь процес обробки розробленою програмою і забезпечує гнучкість виробничого процесу.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищення точності обробки досягається високою точністю виготовлення та жорсткістю верстата, що вища ніж у звичайних верстатів такого ж призначення.

1) Для токарних операцій вибрано токарний-гвинторізний верстат с ЧПУ моделі 16K20Ф3.

Загальні технічні відомості [11]:

Верстат токарно-гвинторізний 16K20Ф3 є універсальним токарно-гвинторізним верстатом з супортом, що кочує. Оснащується різними системами ЧПУ. Модифікації верстата в залежності від комплектації пристроєм ЧПУ мають різні індекси (наприклад, 16K20Ф3С32). Контурна система ЧПУ забезпечує рух формоутворення, зміна циклу обробки значень подач і частот обертання шпинделя, індексацію поворотного різцетримача, нарізання різьблення за програмою. Число одночасно керованих координат - 2, всього керованих координат - 2.

Дискретність завдання поперечних переміщень подачі (осі X) - 0,005 мм, поздовжніх переміщень (осі Z) - 0,01 мм. Верстат призначений для токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь, а також для нарізування різьби на деталях із різних матеріалів.

Основні характеристики верстата:

- Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм: 450;
- Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом, мм: 320;
- Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм: 1000
- Найбільший діаметр отвору, що розточується, мм: 52
- Найбільший діаметр різьби, що нарізується, мм: 68
- Максимальна швидкість обертання шпинделя, об/хв: 2000
- Максимальна подача супорта, мм/хв: 200
- Максимальна потужність електродвигуна, кВт: 11.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.4. Токарний верстат по металу с ЧПУ 16K20Ф3

3) Для зубонарізних робіт призначаємо - Зубонарізний напівавтомат моделі 525.

Загальні відомості про верстат [11]:

Зубонарізний напівавтомат моделі 525 – це верстат, призначений для обробки конічних зубчастих коліс з круговим зубом методом обкатки та. Він може бути використаний для виготовлення шестерень, вінців та інших зубчастих так і за методом зубонарізання. деталей з високою продуктивністю.

Рухи у верстаті - рухом різання є обертання різцевої головки. Рух подачі - переміщення бабки з виробом в напрямку різцевої головки. Рухом обкатки і ділення є повільне обертання оброблюваної заготовки і поворот обкатом люльки з шпинделем різцевої головки. Механічне відведення санчат бабки є допоміжним рухом.

Чорнове нарізування зубів виробляють методом врізання, при якому утворення зубів здійснюється шляхом поступового наближення заготовки до інструменту. У цьому випадку величина обкатки береться дуже малою, необхідної тільки для того, щоб після кожного циклу інструмент потрапляв в сусідню западину. Швидке підведення стола замінюється повільної робочої подачею, при якій ріжучий інструмент (різцева головка) поступово врізається в заготовку. Після досягнення повної глибини западини стіл швидко відводиться. Метод обкатки використовується при чистовому нарізуванні. При цьому

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

необхідна наявність двох рухів; руху різання і руху обкатки. Обкатний рух триває протягом всього часу, необхідного для обробки однієї западини. Після цього заготовка відводиться від інструменту, а люлька, що несе різцеву головку з інструментом, швидко повертається в зворотному напрямку до вихідного положення. Заготівля при цьому продовжує обертатися в ту ж сторону, що і під час обробки.

Основні характеристики напівавтомата:

- Найбільший коловий модуль нарізного колеса: 10 мм;
- Найбільша висота нарізного зуба: 20 мм;
- Найбільший оброблюваний діаметр заготовки: 500 мм;
- Максимальні оберти гідроприводу: 930 об/хв;
- Максимальна потужність електродвигуна: 4,5 кВт.



Рис. 2.5. Зубонарізний верстат моделі 525

3) Для протягування шпонкового пазу вибираємо горизонтально-протяжний верстат моделі 7Б534.

Загальні відомості про верстат:

Горизонтально-протяжний верстат моделі 7Б534 призначений для протягування попередньо оброблених або чорнових наскрізних отворів різної геометричної форми та розмірів.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Верстат працює з повним та простим циклом. При повному циклі прямого ходу здійснюється підведення протяжки, уповільнений робочий хід, налаштований робочий хід - уповільнений робочий хід при роботі зубів, що калібрують, і стоп. При зворотному ході здійснюється уповільнений хід та відведення протяжки. Простий цикл відрізняється від повного відсутністю підведення та відведення протяжки.

Рух протяжки здійснюється за допомогою гідроприводу, що має два насоси. протяжками (1200-1300 мм) з заднім хвостовиком. копіра, здійснює робочий і зворотний хід, після яких допоміжний патрон захоплює задній хвостовик протяжки і відводить її у вихідне положення.

Простий цикл застосовують при використанні коротких протяжок. В цьому випадку протяжку закріплюють вручну в патроні, змонтованому на санках, що отримують горизонтальне переміщення від основного гідроциліндра по напрямних станини.

Основні характеристики верстата:

- Номінальне тягове зусилля: 250 кН;
- Швидкість робочого ходу: 1,5...13 м/хв;
- Найбільший довжина ходу робочих салазок: 1600 мм;
- Діаметр планшайби: 360 мм;
- Діаметр отвору планшайби: 160 мм;
- Відстань від станини до осі отвору під планшайбу в опорній плиті: 560 мм;
- Довжина встановлюваної протяжки: 925...1715 мм;
- Кількість електродвигунів: 4;
- Електродвигун гідроприводу: (головного руху): 37 кВт;
- Габарити верстата:, (довжина x ширина x висота): 7275 x 2225 x 2300 мм;
- Маса верстата: 5950 кг.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.6. Горизонтально-протяжний верстат моделі 7A534

5) Для виконання вертикально-свердлувальної операції вибираємо вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ моделі 2P135Ф2.

Основні відомості про верстат:

Вертикально-свердлильний верстат моделі 2P135Ф2 призначений для свердління, зенкерування, розгортання, нарізування різі, легкого прямолінійного фрезерування деталей зі сталі, чавуну й кольорових металів в умовах дрібносерійного й серійного виробництва. Револьверна головка з автоматичною зміною інструмента й хрестовий стіл із програмним керуванням дозволяють виконувати координатну обробку отворів в деталях типу кришок, фланців, панелей тощо. Обробка виконується без попередньої розмітки й застосування кондукторів. Клас точності верстата Н.

Технічна характеристика вертикально – свердлильного верстата 2P135Ф2.

- Найбільший діаметр деталі що оброблюється - 35 мм;
- Найбільший діаметр різі, що нарізається - M24;
- Кількість інструментів у револьверній головці - 6;
- Кількість частот обертання шпинделя (усього/по програмі) 12/12;
- Межі частот обертання шпинделя 35,5-1600 хв⁻¹;
- Кількість подач по осі Z -18;
- Межі робочих подач по осі Z - 10-500 мм/хв;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- Максимальна швидкість переміщення стола та салазок 7000 мм/хв; -
- Максимальна швидкість переміщення супорта 4000 мм/хв;
- Розмір робочої поверхні стола 400х710 мм;
- Габаритні розміри верстата 1800х2400х2700 мм.

Пристрій системи ЧПУ типу 2Н32 призначений для керування процесом позиціонування прямокутної обробки (паралельної координатним осям).

Програмоносій - восьмидорожня перфострічка.

Спосіб завдання переміщень в абсолютних значеннях координат.

На верстаті є цифрова індикація, передбачено введення 15 корекцій на довжину інструмента.

Точність позиціонування стола та салазок 0,01 мм, дискретність завдання переміщень і цифрової індикації 0,01 мм.

Число керованих координат усього - 3, них одночасно - 2.

Найбільший умовний діаметр свердління, мм 35

Кількість шпинделів 6

Межі частоти обертання шпинделя, об/хв⁻¹ 31,5-1400

Найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм 600

Число керованих осей координат - усього (одночасно) 3 (2)

Найбільше переміщення стола, мм:

- повздовжнє, мм 560

- поперечне, мм 360

Найбільше вертикальне переміщення шпиндельної бабки, мм 560

Межі робочих подач шпиндельної бабки, мм/хв. 10-500

Швидкість прискореного переміщення при
позиціонуванні, мм/хв. 3800

Дискретність відліку по осях координат, мм 0,01

Потужність електродвигуна головного привода, кВт 4

Маса верстата, кг 3500

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

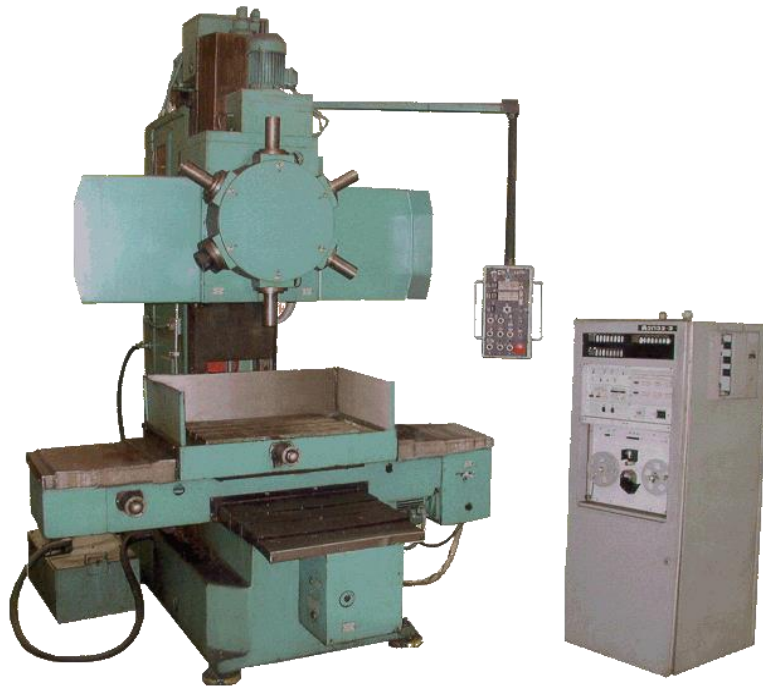


Рис. 2.7. Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2

2.7.3 Вибір технологічного оснащення

Технологічне оснащення необхідне, виконання конкретної операції включає в себе затискні пристрої для встановлення деталі на верстатах різального, допоміжного інструменту і засобів контролю.

Вибір технологічного оснащення проводимо за літературними джерелами: [3], [5], [9], [11]. Результати вибору заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

Відомість технологічного оснащення

№ опер	Назва опер.	Модель верстата	Засоби технологічного оснащення		
			Пристрій	Допоміжний інструмент	Різальний інструмент
010	Токарна	16K20	Трьох-кулачковий патрон	Оправка спеціальна	Прохідний відігнутий різець, розточний різець, фасочний різець
015	Токарна-програмна	16K20Ф3	Трьох-кулачковий патрон	Оправка спеціальна	Прохідний відігнутий різець, розточний різець, фасочний різець

Закінчення таблиці 2.7.

020	Горизонтально-протягувальна	7A534	Трьох-кулачковий патрон	Оправка-адаптер	Протяжка шпонкова $b = 14P7$ мм.
025	Свердлильна	2P135Ф2	Планшайба	Свердло спіральне	Спіральне свердло
030	Зубонарізна	Зубонарізний напівавтомат 525	Люлька при верстаті	Оправка спеціальна	Зубонарізна головка
040	Зубошліфувальна	5B833	Люлька при верстаті	Оправка спеціальна	Круг шліфувальний
045	Внутрішньо-шліфувальна	3K228B	Патрон мембранний	-	Круг шліфувальний

2.8 Розрахунок режимів різання

2.8.1 Загальні положення

У пояснювальній записці при розрахунках режимів різання визначають такі параметри:

- Глибину різання - t (мм);
- Подачу - S (мм/об, мм/зуб) ;
- Стійкість різального інструмента – T (хв);
- швидкість різання – V (м/хв);
- Частоту обертання – n (об/хв);
- Потужність необхідну для режиму різання – N (кВт);
- Основний час – T_o (хв).

Вихідними даними для розрахунку режимів різання є матеріал деталі та його характеристики, припуск на обробку, дані про технологічне обладнання, різальний інструмент, а також операційний ескіз виконуваної операції.

Розрахункові параметри режимів різання обов'язково коректуються згідно паспортних даних верстата, визначають фактичні їх значення та заносять до технологічної документації.

2.8.2 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом при чорновому, напівчистовому, чистовому розточуванні отвору Ø35H7:

Визначення глибини різання t (для однократного оброблення поверхні):

$$t = \frac{D_3 - D_d}{2} [10] (2.13)$$

де D_3 і D_d – діаметри заготовки і деталі, мм.

- для чистового точіння :

$$t = \frac{35 - 34,815}{2} = 0,09 \text{ мм};$$

- для напівчистого точіння:

$$t = \frac{34,815 - 34,508}{2} = 0,16 \text{ мм};$$

- для чорнового точіння:

$$t = \frac{34,508 - 33,2}{2} = 0,65 \text{ мм};$$

Вибір найближчої глибини різання:

- для чистового точіння: $t = 0,1 \text{ мм/об};$
- для напівчистого точіння: $t = 0,2 \text{ мм/об};$
- для чорнового точіння: $t = 0,75 \text{ мм/об}.$

Приймаємо з ряду подач найближчу величину:

$$S_B = S_{cp} = 0,35 \text{ мм/об} [10] (2.14)$$

Період стійкості різця:

$$T = 60 \text{ хв} [10] (2.15)$$

Визначаємо розрахункову швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{m_x} t^{x_s} S_z^y} * K_u [10] (2.16)$$

де C_v , q , m , x , y , u , p – коефіцієнт і показники ступеня;

z - число зубів;

$K_u = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv}$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, який оброблюється, стан поверхні заготовки і матеріал інструмента.

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{190} \right)^{1,7} = 1,49 [10] (2.17)$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$Kv = 1,49 * 1 * 1 = 1,49 [10] (2.18)$$

- для чорнового точіння:

$$V_p = \frac{324}{60^{0,28} * 0,75^{0,4} * 0,35^{0,2}} * 1,49 = 99,56 \text{ м/хв};$$

- для напівчистого точіння:

$$V_p = \frac{324}{60^{0,28} * 0,2^{0,4} * 0,35^{0,2}} * 1,49 = 107,69 \text{ м/хв};$$

- для чистового точіння:

$$V_p = \frac{324}{60^{0,28} * 0,1^{0,4} * 0,35^{0,2}} * 1,49 = 110,84 \text{ м/хв};$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 * v_p}{\pi * D}, \text{ об/хв [10] (2.19)}$$

- для чорнового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 99,56}{\pi * 34,508} = 918 \text{ об/хв};$$

- для напівчистого точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 107,69}{\pi * 34,815} = 985 \text{ об/хв};$$

- для чистового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 110,84}{\pi * 35} = 1008 \text{ об/хв};$$

Корегування частоту обертання шпинделя за кінематичними даними верстата:

$$n \leq n_p$$

$$800 \leq 918$$

$$800 \leq 985$$

$$1000 \leq 1008$$

Перераховуємо дійсну швидкість точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000}, \text{ м/хв [10] (2.20)}$$

- для чорнового точіння:

$$V = \frac{\pi * 34,508 * 800}{1000} = 86,7 \text{ м/хв};$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для напівчистого точіння:

$$V = \frac{\pi * 34,815 * 800}{1000} = 87,5 \text{ м/хв};$$

- для чистового точіння:

$$V = \frac{\pi * 35 * 800}{1000} = 88 \text{ м/хв};$$

Визначаємо головні складові сили різання P_z , P_x , P_y , Н:

$$P_z = 10 * C_{Pz} * t_{Pz}^x * S_{yPz}^0 * V_{mz}^n * K_{Pz} \text{ [10] (2.21)}$$

$$P_y = 10 * C_{Pz} * t_{Pz}^x * S_{yPz}^0 * V_{mz}^n * K_{Py} \text{ [10] (2.22)}$$

$$P_x = 10 * C_{Pz} * t_{Pz}^x * S_{yPz}^0 * V_{mz}^n * K_{Px} \text{ [10] (2.23)}$$

де C_{Pi} , x_{Pi} , y_{Pi} , n_{mi} – відповідно значення коефіцієнтів і показників степеня, які враховують вид оброблюваного та інструментального матеріалів і вид обробки;

$K_{Pi} = K_{MPi} * K_{\phi Pi} * K_{\gamma Pi} * K_{\lambda Pi} * K_{rPi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу і геометрії різальної частини різця на сили різання.

$$K_{MPi} = \left(\frac{150}{190} \right)^{0,4} = 0,91 \text{ [10] (2.24)}$$

$$K_{Pi} = K_{MPi} * K_{\phi Pi} * K_{\gamma Pi} * K_{\lambda Pi} * K_{rPi} = 0,91 * 0,94 * 1 = 0,86 \text{ [10] (2.25)}$$

- для чорнового точіння:

$$P_z = 10 * 123 * 0,75^1 * 0,35^{0,85} * 86,72^0 * 0,86 = 325,03 \text{ Н};$$

- для напівчистого точіння:

$$P_y = 10 * 123 * 0,2^1 * 0,35^{0,85} * 87,5^0 * 0,86 = 86,67 \text{ Н};$$

- для чистового точіння:

$$P_x = 10 * 123 * 0,1^1 * 0,35^{0,85} * 88^0 * 0,86 = 43,34 \text{ Н};$$

Розраховуємо ефективну потужність різання:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60}, \text{ кВт [10] (2.26)}$$

- для чорнового різання:

$$N = \frac{325,03 * 86,72}{1020 * 60} = 0,46 \text{ кВт}$$

- для напівчистового різання:

$$N = \frac{86,67 * 87,5}{1020 * 60} = 0,12 \text{ кВт}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- для чистового різання:

$$N = \frac{43,34 \cdot 88}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт};$$

Для забезпечення виконання вибраного режиму точіння на заданому верстаті необхідне виконання умови:

$$N_{\text{дв}} \cdot \eta > N [10] (2.27)$$

$$8,25 > 0,46;$$

$$8,25 > 0,12;$$

$$8,25 > 0,1;$$

Визначимо основний час на перехід:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_B} [10] (2.28)$$

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} [10] (2.29)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}}$ – величина врізання різця в заготовку;

$l_{\text{пер}}$ – величина перебігу різця (при обробленні «в упор» $l_{\text{пер}} = 0$).

$$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg} \varphi [10] (2.30)$$

де φ – головний кут в плані різця.

- для чорнового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,75 \cdot \text{ctg} 60^\circ = 0,43;$$

$$L = 50 + 0,43 = 50,43;$$

$$t_0 = \frac{50,43}{800 \cdot 0,35} = 0,1 \text{ хв};$$

- для напівчистого точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,16 \cdot \text{ctg} 60^\circ = 0,43;$$

$$L = 50 + 0,09 = 50,09;$$

$$t_0 = \frac{50,09}{800 \cdot 0,35} = 0,18 \text{ хв};$$

- для чистового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,1 \cdot \text{ctg} 60^\circ = 0,06;$$

$$L = 50 + 0,06 = 50,06;$$

$$t_0 = \frac{50,06}{1000 \cdot 0,35} = 0,15 \text{ хв};$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Дані для інших переходів заносимо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8

Операція		010 Токарна				
Перехід		1. Підрізати торець витримавши шорсткість Ra 2,5 мкм				
Визначені елементи	t	S	п _д	V _д	N _е	t _о
Одиниця виміру	мм	мм/об	хв ⁻¹	м/хв	кВт	хв
Величина	2	0,8	100	75,8	2,9	1,26
Перехід		2. Точити поверхню Ø54h8 мм попередньо і кінцево в розмір 28 ± 0,1 мм витримавши Ra 2,5 мкм				
Визначені елементи	t	S	п _д	V _д	N _е	T _о
Одиниця виміру	мм	мм/об	хв ⁻¹	м/хв	кВт	хв
Величина	1,635	0,55	100	74,8	3,4	0,66
Перехід		3. Точити конічну поверхню Ø274 / Ø196 мм, попередньо і кінцево, витримавши Ra 2,5 мкм;				
Визначені елементи	t	S	п _д	V _д	N _е	T _о
Одиниця виміру	мм	мм/об	хв ⁻¹	м/хв	кВт	хв
Величина	0,71	0,25	1000	140	1,1	0,02
Перехід		4. Розточити центральний отвір Ø35H8				
Визначені елементи	t	S	п _д	V _д	N _е	T _о
Одиниця виміру	мм	мм/об	об/хв	м/хв	кВт	хв
Величина	0,1	0,35	800	86,7	0,68	0,1
	0,25		800	87,5		0,18
	0,75		1000	88		0,15
Перехід		6. Розточити фаску 2×45° мм				
Визначені елементи	t	S	п _д	V _д	N _е	T _о
Одиниця виміру	мм	мм/об	об/хв	м/хв	кВт	хв
Величина	1,75	0,25	100	150	1,25	0,05

2.8.3. Визначення режимів різання для горизонтального протягування шпонкового пазу 14P7

Встановлюємо групу швидкості різання: 1;

Вибираємо швидкість різання при горизонтальному протягуванні:

$$V = 10 \text{ м/хв [10] (2.31)}$$

Встановлюємо подачу на зуб: подача рівна підйому на зуб:

$$S_z = 0,08 \text{ мм/зуб[10] (2.32)}$$

Визначаємо сили за формулою:

$$P_z = P \times \sum B \text{ [10] (2.33)}$$

$$P = 235 \text{ Н/мм}$$

$\sum B$ – найбільша сумарна довжина лез всіх одночасно ріжучих зубців, яка визначається за формулою:

$$\sum B = b \times \frac{Z_{\max}}{Z_c} \text{ [10] (2.34)}$$

де b – периметр різання $b = 14$ мм (креслення деталі «Конічне колесо з круговим зубом»);

Z_c – число зубців в секції $Z_c = 1$;

$Z_{\max}$ – кількість зубців, що одночасно оброблюють поверхню, визначається за формулою:

$$Z_{\max} = \frac{l}{t} + 1 \text{ [10] (2.35)}$$

$$Z_{\max} = \frac{50}{14} + 1 = 4,5$$

Підставляємо дані в формулу:

$$\sum B = 14 \times \frac{4,5}{1} = 63 \text{ мм}$$

Підставляємо дані в формулу:

$$P_z = 235 \times 63 = 14805 \text{ Н} = 14,8 \text{ кН}$$

Перевірка тягового зусилля верстата:

$$P_z < Q \text{ [10] (2.36)}$$

де Q – номінальне тягове зусилля верстата, $Q = 250$ кН (паспортні дані верстата).

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$14,8 < 250 (K_H)$$

Умова виконується.

Визначаємо основний технологічний час:

$$t_o = \frac{L}{1000 \times V} \times K [10] \quad (2.37)$$

де K - коефіцієнт в залежності від виду обробки ($K=1,4 \dots 1,6$, приймаємо $K=1,45$);

V – швидкість різання;

L - довжина робочої частини протяжки, визначається за формулою:

$$L = l - l_1 + l_2 [10] \quad (2.38)$$

де l – довжина протяжки ($l = 1145$ мм);

l_1 – довжина хвостовика ($l_1 = 306$ мм);

l_2 – довжина оброблюваної поверхні ($l_2 = 50$ мм).

Тоді:

$$L = 1145 - 306 + 50 = 889 \text{ мм}$$

Підставляємо отримані дані у формулу:

$$t_o = \frac{889}{1000 \times 10} \times 1,45 = 0,13 \text{ хв}$$

2.8.4 Розрахунок режимів різання за таблицями загальномашинобудівних нормативів та технічних довідників для свердлування 6 отворів Ø30H14 [9], [10], [11]

Визначення глибини різання t (для однократного оброблення поверхні):

$$t = \frac{D_3 - D_d}{2} [10] \quad (2.39)$$

де D_3 і D_d – діаметри заготовки і деталі, мм.

$$t = \frac{30}{2} = 15 \text{ мм}$$

Вибір подачі:

$$S = 0,2 \text{ мм/об} [10] \quad (2.40)$$

Коректування подачі по паспортним даним верстата:

$$S = 0,224 \text{ мм/об} [10] \quad (2.41)$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Період стійкості інструменту:

$$T = 30 \text{ хв [10] (2.42)}$$

Вибираємо швидкість різання, яка допускається механічними властивостями інструменту:

$$V = 32 \text{ м/хв [10] (2.43)}$$

Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \text{ [10] (2.44)}$$

$$n = \frac{1000 \times 32}{\pi \times 30} = 339 \text{ об/хв;}$$

Коректування частоти обертання шпинделя:

$$n_D = 300 \text{ об/хв;}$$

Визначення дійсної швидкості різання:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ [10] (2.45)}$$

$$V = \frac{\pi \times 30 \times 300}{1000} = 28,27 \text{ м/хв;}$$

Визначення ефективної потужності різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \times n}{9750} \text{ [10] (2.46)}$$

де n – дійсна частота обертання;

$M_{кр}$ – тангенціальна складова сили різання, яка розраховується за формулою [10]:

$$M_{кр} = 10 \times C_m \times D^q \times t^x \times S^y \times K_p \text{ [10] (2.47)}$$

де: C_m – постійна складова;

t – глибина різання;

S – подача на оберт;

D – діаметр інструмента;

q, x, y - відповідно показники степенів, які враховують вид оброблюваного та інструментального матеріалів і вид обробки;

K_p – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу і геометрії різальної частини різця на сили різання.

$$K_p = K_{тр} \text{ [10] (2.47)}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $K_{тр}$ – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, який визначається за формулою:

$$K_{тр} = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^n [10] \quad (2.48)$$

де: σ – границя міцності матеріалу;

n – показник міцності.

$$K_{тр} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

Підставляємо дані у формулу:

$$M_{кр} = 10 \times 0,09 \times 30^{1,0} \times 15^{0,5} \times 0,224^{0,8} \times 1 = 32 \text{ Н};$$

Визначення осьової сили різання:

$$P_O = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times K_p [10] \quad (2.49)$$

де: C_p - постійна складова ($C_p = 67$);

q, x, y - відповідно показники степенів, які враховують вид оброблюваного та інструментального матеріалів і вид обробки [10].

$$P_O = 10 \times 67 \times 15^{1,2} \times 0,224^{0,65} \times 1 = 5248 \text{ Н};$$

Підставляємо дані у формулу:

$$N_e = \frac{32 \times 300}{9750} = 0,98 \text{ кВт}$$

Для забезпечення виконання вибраного режиму точіння на заданому верстаті необхідне виконання умови:

$$N_e < N_{шп} [10] \quad (2.50)$$

де N_e – необхідна потужність для різання;

$N_{шп}$ – потужність верстата на шпинделі, який визначається за формулою [10]:

$$N_{шп} = N_d \times \eta [10] \quad (2.51)$$

де: N_d – потужність двигуна верстата;

η – коефіцієнт корисної дії верстата.

$$N_{шп} = 3,7 \times 0,8 = 2,96 \text{ кВт}$$

Відповідно умова виконується:

$$0,98 \text{ кВт} < 2,96 \text{ кВт}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Визначимо основний час на перехід:

$$t_o = \frac{L}{n \times S_B} \times i [10] \quad (2.52)$$

S_B – подача на оберт;

n – частота обертання шпинделля;

i – кількість проходів ($i = 6$)

L – загальна довжина обробки, яка визначається за формулою [10]:

Підставляємо дані у формулу:

$$t_o = \frac{15}{300 \times 0,224} \times 6 = 1,3 \text{ хв}$$

Дані для інших переходів заносимо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9.

Операція	025 Вертикально-свердлильна					
Перехід	1. Свердли 6 отворів Ø15H14 мм					
Визначені елементи	t	S	n_d	V_d	N_e	t_o
Одиниця виміру	мм	мм/об	об/хв	м/хв	кВт	хв
Величина	7,5	0,224	700	33	0,78	0,3
Перехід	2. Розсвердли 6 отворів з Ø15H14 до Ø30H14 мм					
Визначені елементи	t	S	n_d	V_d	N_e	T_o
Одиниця виміру	мм	мм/об	об/хв	м/хв	кВт	хв
Величина	15	0,224	300	28,27	0,98	1,3

2.9 Технічне нормування операцій технологічного процесу [9]

2.9.1 Загальні відомості

Після призначення режимів різання здійснюється технічне нормування технологічного процесу, тобто, розраховуються норми штучного часу на кожну операцію. Норма штучного часу є одним з основних показників ефективності технологічного процесу. Вона визначається за умови раціонального

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

використання технологічних можливостей обладнання та технологічного оснащення відповідно до технічних вимог механічної обробки.

Для визначення норми штучного часу технологічної операції необхідно мати такі вихідні дані:

- назва та зміст технологічної операції;
- марка матеріалу оброблюваної деталі та його основні фізико-механічні властивості;
- спосіб виготовлення заготовки;
- розміри оброблюваних поверхонь (з врахуванням допусків);
- маса деталі;
- паспортні дані металорізального верстата;
- відомості про різальний та контрольно-вимірювальний інструмент;
- схема базування деталі та метод забезпечення точності її установки;
- особливості обслуговування робочих місць.

Врахування всіх вище сказаних вихідних даних є обов'язковим для встановлення технічно обґрунтованої норми штучного часу на виконання технологічної операції та всього процесу в цілому.

2.9.2 Нормування токарно-гвинторізної операції

Визначаємо основний час на дану операцію (з розрахунків у розділі 2.8.2):

$$T_o = \sum t_o = 2,44 \text{ хв [9] (2.53)}$$

Встановлюємо час для переходів при установленні по лімбу, $T_{\text{д.пер.1}} = 0,16$ хв з переходом $T_{\text{д.пер.2}} = 0,14$ хв, з переходом $T_{\text{д.пер.3}} = 0,14$ хв [9]

$$\sum T_{\text{д.пер.}} = 0,16 + 0,14 + 0,14 = 0,44 \text{ хв [9] (2.54)}$$

Вибираємо допоміжний час на контрольне вимірювання з урахуванням періодичності вимірів: $T_k = 0,16$ хв [9].

Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_d = T_{\text{д.пер.}} + T_k \text{ [9] (2.55)}$$

$$T_d = 0,44 + 0,16 = 0,6 \text{ хв}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d [9] (2.56)$$

$$T_{\text{оп}} = 2,44 + 0,6 = 3,04 \text{ хв}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця :

$$T_{\text{об}} = 4,5\% \times T_o [9] (2.57)$$

$$T_{\text{об}} = 0,045 \times 0,43 = 0,0193 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{\text{від}} = 4\% \times T_o (2.58)$$

$$T_{\text{від}} = 0,04 \times 0,43 = 0,0172 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{від}} [9] (2.59)$$

$$T_{\text{шт}} = 3,04 + 0,0193 + 0,0172 = 3,08 \text{ хв}$$

Призначаємо підготовчо-заключний час $T_{\text{пз}} = 12 \text{ хв}$ [9] (2.60)

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт. к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} [9] (2.61)$$

$$T_{\text{шт. к.}} = 1,07 + \frac{12}{100} = 3,2 \text{ хв}$$

Таблиця 2.10

Нормування токарної операції

Нормування операції	010 Токарна	Обладнання
		16K20
T_o , хв	Основний час	2,44
T_d , хв	Допоміжний час	0,6
$T_{\text{оп}}$, хв	Оперативний час	3,04
$T_{\text{п.з.}}$, хв	Підготовчо-заключний час	12
$T_{\text{шт}}$, хв	Штучний час	3,08
$T_{\text{шт.к.}}$, хв	Штучно-калькуляційний час	3,2

2.9.3 Нормування горизонтально-протяжної операції

Встановлюємо основний час на дану операцію (з розрахунків у розділі 2.8.4):

$$T_o = t_o = 0,13 \text{ хв [9] (2.62)}$$

Встановлюємо час на встановлення деталі $T_{\text{вст}} = 0,16 \text{ хв [9] (2.63)}$.

Вибираємо допоміжний час на контрольне вимірювання з урахуванням періодичності вимірів: $T_k = 0,16 \text{ хв [9] (2.64)}$.

Визначаємо допоміжний час на операцію:

$$T_d = T_{\text{вст}} + T_k \text{ [9] (2.65)}$$

$$T_d = 0,16 + 0,16 = 0,32$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d \text{ [9] (2.66)}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,13 + 0,32 = 0,45 \text{ хв}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{об}} = 4,5\% \times T_o \text{ [9] (2.67)}$$

$$T_{\text{об}} = 0,04 \times 0,13 = 0,0058 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{\text{від}} = 4\% \times T_o \text{ [9] (2.68)}$$

$$T_{\text{від}} = 0,04 \times 0,13 = 0,0052 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{від}} \text{ [9] (2.69)}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,45 + 0,0058 + 0,0052 = 0,46 \text{ хв}$$

Призначаємо підготовчо-заключний час $T_{\text{пз}} = 12 \text{ хв. [9] (2.70)}$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт. к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \text{ [9] (2.71)}$$

тоді:

$$T_{\text{шт. к.}} = 0,46 + \frac{12}{100} = 0,58 \text{ хв}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Нормування горизонтально-протяжної операції

Нормування операції	020 Горизонтально протяжна	Обладнання
		16K20
T_o , хв	Основний час	0,13
T_d , хв	Допоміжний час	0,32
$T_{оп}$, хв	Оперативний час	0,45
$T_{п.з.}$, хв	Підготовчо-заклучний час	12
$T_{шт}$, хв	Штучний час	0,46
$T_{шт.к.}$, хв	Штучно-калькуляційний час	0,58

2.9.4 Нормування вертикально-свердлильної операції

Встановлюємо час автоматизованої роботи по програмі (з розрахунків у розділі 2.8.3):

$$T_o = \sum t_o = 1,6 \text{ хв [9] (2.72)}$$

Встановлюємо час на ручне налагодження верстата:

$T_{уст}$ – час на встановлення і зняття деталі: $T_{уст} = 0,25 \text{ хв [9]}$;

$T_{ко}$ – встановлення координат: $T_{ко} = 0,26 \text{ хв [9]}$;

$T_{кор}$ – введення корекції: $T_{кор} = 0,8 \text{ хв}$ – час на 1 коректор[9];

T_k – допоміжний час на вимірювання: $T_k = 0,19 \text{ хв [9]}$;

Визначаємо час ручної роботи і допоміжної роботи, що не покривається часом автоматизованої роботи верстата з ЧПК, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{ко} + T_{кор} + T_k \text{ [9] (2.73)}$$

$$T_d = 0,25 + 0,26 + 0,8 + 0,19 = 1,5 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d \text{ [9] (2.74)}$$

$$T_{оп} = 1,6 + 1,5 = 3,1 \text{ хв}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = 4,5\% \times T_o \text{ [9] (2.75)}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$T_{об} = 0,045 \times 1,6 = 0,072 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{від} = 4\% \times T_o [9] (2.76)$$

$$T_{від} = 0,04 \times 1,6 = 0,064 \text{ хв}$$

Підставляємо визначені дані у формулу

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{від} [9] (2.77)$$

$$T_{шт} = 3,1 + 0,072 + 0,064 = 3,2 \text{ хв}$$

Встановлюємо підготовчо-заключний час: $T_{пз} = 15 \text{ хв} [9] (2.78).$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт. к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} [9] (2.79)$$

$$T_{шт. к.} = 3,2 + \frac{15}{100} = 3,4 \text{ хв}$$

Таблиця 2.12

Нормування вертикально-свердлильної операції

Нормування операції	025 Вертикально-свердлильна	Обладнання
		16K20
T_o , хв	Основний час	1,6
T_d , хв	Допоміжний час	1,5
$T_{оп}$, хв	Оперативний час	3,1
$T_{п.з.}$, хв	Підготовчо-заключний час	15
$T_{шт}$, хв	Штучний час	3,2
$T_{шт.к.}$, хв	Штучно-калькуляційний час	3,4

2.10 Висновки розділу

В даному розділі було виконано аналіз деталі на технологічність, розроблено технологічний процес виготовлення деталі та виконаний вибір Також здійснено вибір технологічного обладнання та оснащення. Виконані необхідні розрахунки припусків режимів різання та норм часу розроблено комплект технологічної документації.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Назва та зміст технологічної операції для якої проектується спеціальний верстатний пристрій.

Необхідно розробити конструкцію спеціального пристрою для свердлування 6 отворів діаметром Ø25H14. Міжосьова відстань між отворами Ø120H14.

1. Назва та зміст операції:

030 – вертикально-свердлильна з ЧПК

2. Зміст переходів операції

Таблиця 3.1.

Зміст переходів
1. Встановити деталь в пристрої. Кріпити, вивірити.
2. Свердлити 6 отворів Ø25 H14, витримуючи розмір Ø120 H14.

3. Назва, модель верстата, призначення та його основні технічні характеристики.

Вертикально-свердлильний верстат мод. 2P135Ф2 (система 2 ЧПК 2Н32).

Вертикально-свердлильний верстат 2P135Ф2 призначений для свердління, зенкерування, розгортання, нарізування різі, легкого прямолінійного фрезерування деталей зі сталі, чавуну й кольорових металів в умовах дрібносерійного й серійного виробництва. Револьверна головка з автоматичною зміною інструмента й хрестовий стіл із програмним керуванням дозволяють виконувати координатну обробку отворів в деталях типу кришок, фланців, панелей тощо. Обробка виконується без попередньої розмітки й застосування кондукторів. Клас точності верстата Н.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

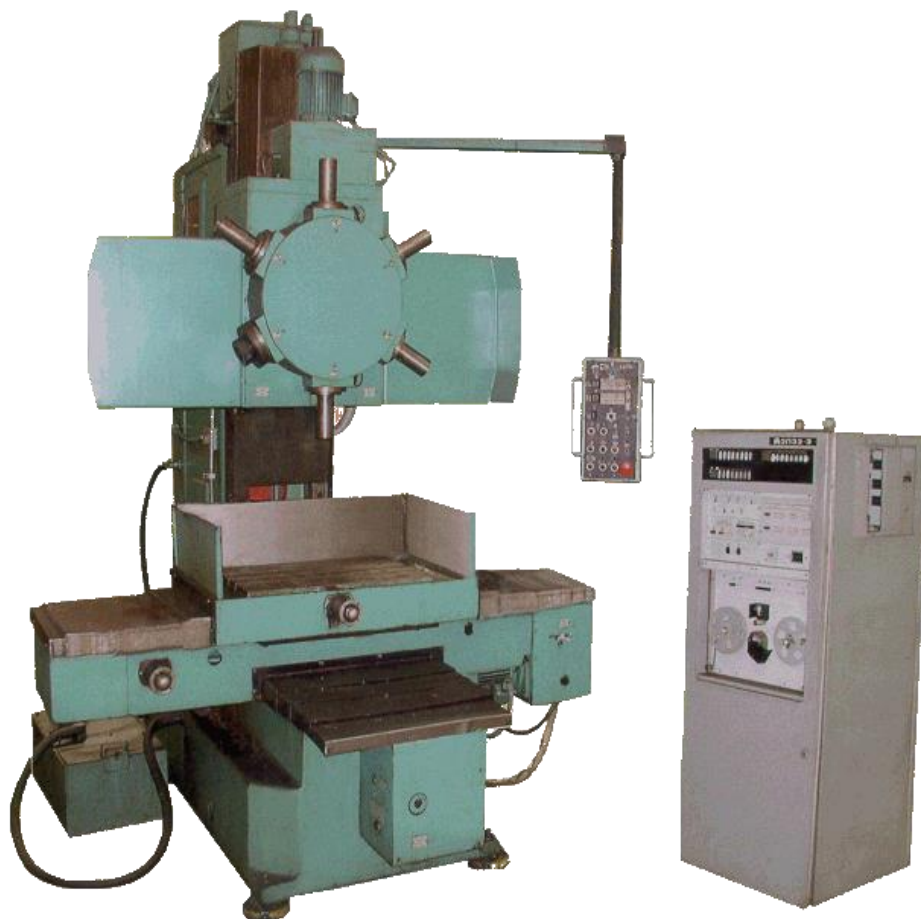


Рис. 3.1. Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2

Технічна характеристика вертикально – свердильного верстата 2P135Ф2.

- Найбільший діаметр деталі що оброблюється - 35 мм;
- Найбільший діаметр різі, що нарізається - M24;
- Кількість інструментів у револьверній головці - 6;
- Кількість частот обертання шпинделя (усього/по програмі) 12/12;
- Межі частот обертання шпинделя 35,5-1600 хв⁻¹;
- Кількість подач по осі Z -18;
- Межі робочих подач по осі Z - 10-500 мм/хв;
- Максимальна швидкість переміщення стола та салазок 7000 мм/хв; -
- Максимальна швидкість переміщення супорта 4000 мм/хв;
- Розмір робочої поверхні стола 400x710 мм;
- Габаритні розміри верстата 1800x2400x2700 мм.

Пристрій системи ЧПУ типу 2Н32 призначений для керування процесом позиціонування прямокутної обробки (паралельної координатним осям).

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмоносій - восьмидорожня перфострічка.

Спосіб завдання переміщень в абсолютних значеннях координат.

На верстаті є цифрова індикація, передбачено введення 15 корекцій на довжину інструмента. Система ЧПУ замкнена, у якості датчиків зворотнього зв'язку використовують селсин БС155А.

Точність позиціонування стола та салазок 0,01 мм, дискретність завдання переміщень і цифрової індикації 0,01 мм.

Число керованих координат усього - 3, них одночасно - 2.

Найбільший умовний діаметр свердління, мм 35

Кількість шпинделів 6

Межі частоти обертання шпинделя, об/хв 31,5-1400

Найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм 600

Число керованих осей координат - усього (одночасно) 3 (2)

Найбільше переміщення стола, мм:

- повздовжнє, мм 560

- поперечне, мм 360

Найбільше вертикальне переміщення шпиндельної бабки, мм 560

Межі робочих подач шпиндельної бабки, мм/хв. 10-500

Швидкість прискореного переміщення при
позиціонуванні, мм/хв. 3800

Дискретність відліку по осях координат, мм 0,01

Потужність електродвигуна головного привода, кВт 4

Маса верстата, кг 3500

4. Різальний інструмент - свердло спіральне Ø30мм, Р6М5.

5. Вимірювальний інструмент - штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1.

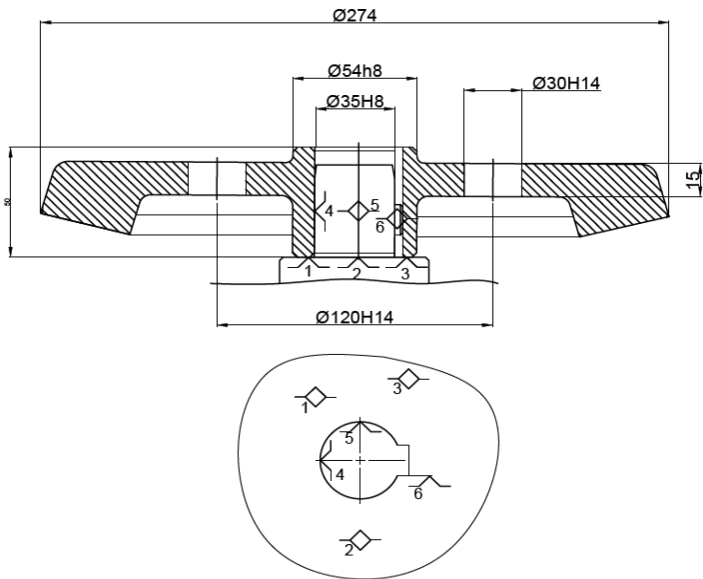
На основі вихідних даних розробляємо технічне завдання на проектування спеціального пристрою для встановлення деталі при свердлуванні 6 отворів Ø30Н14.

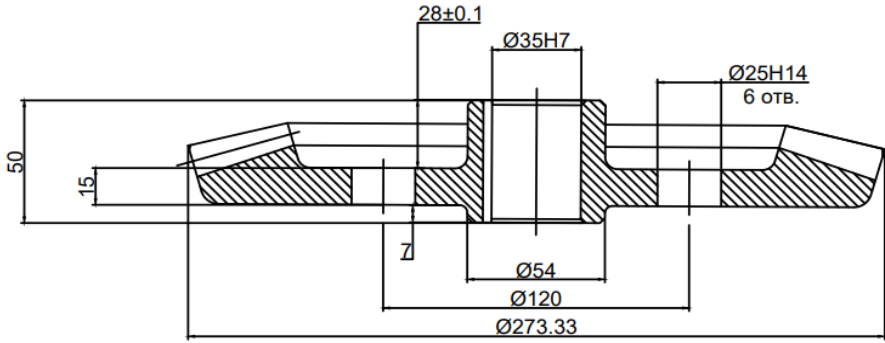
					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

На основі вихідних даних розробляємо технічне завдання на проектування спеціального пристрою для встановлення деталі при свердлуванні 6 отворів Ø25H14.

6. Розробка технічного завдання на проектування спеціального верстатного пристрою

Таблиця 3.2

Технічне завдання на проектування спеціального пристрою для свердлування 6 отворів Ø30H14	
Зміст завдання на проектування	Розробити конструкцію спеціального верстатного пристрою для свердлування 6 отворів Ø30H14.
Вихідні дані	
Назва і матеріал деталі	Конічне зубчате колесо, Сталь 35Х
Документація, що використовується при проектуванні	Робоче креслення деталі та заготовки, маршрутний технологічний процес, КЕ і ОК на свердлувальну операцію, тип виробництва - серійний.
Документація, що підлягає розробці	Складальне креслення пристрою, специфікація, пояснювальна записка
Ескіз заготовки перед виконанням операції та схема базування	
 The drawing shows a cross-section of a gear blank with a total width of 274 mm. It features a central bore with a diameter of 54 mm (Ø54h8) and a keyway with a width of 35 mm (Ø35H8). There are six holes, each with a diameter of 30 mm (Ø30H14), arranged in two rows of three. The distance between the centerlines of the holes in each row is 120 mm (Ø120H14). The thickness of the blank is 15 mm. A base layout sketch below shows the positions of the holes and the central bore, numbered 1 through 6.	

Тип приводу пристрою	Гідравлічний
Кількість деталей, що встановлюється одночасно в пристрої	1
Ескіз заготовки після виконання операції	
	
Назва операції, верстат	Свердлувальна, верстат з ЧПК 2P135Ф2
Зміст операції	Свердлити 6 отворів Ø30H14, витримавши розміри Ø120H14.
Технологічні бази	Торець деталі Ø273,33-0,09, отвір Ø35H7 та шпонковий паз 14P7.
Різальний інструмент	391290 Свердло спіральне Ø30мм, $2\varphi = 118^\circ$, P6M5, ОСТ 2И20-2-80.

3.1.1 Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції

Дану заготовку розміщуємо в системі координат XOYZ вертикально свердлильного верстата. Схема базування деталі представлена на рисунку 3.1.

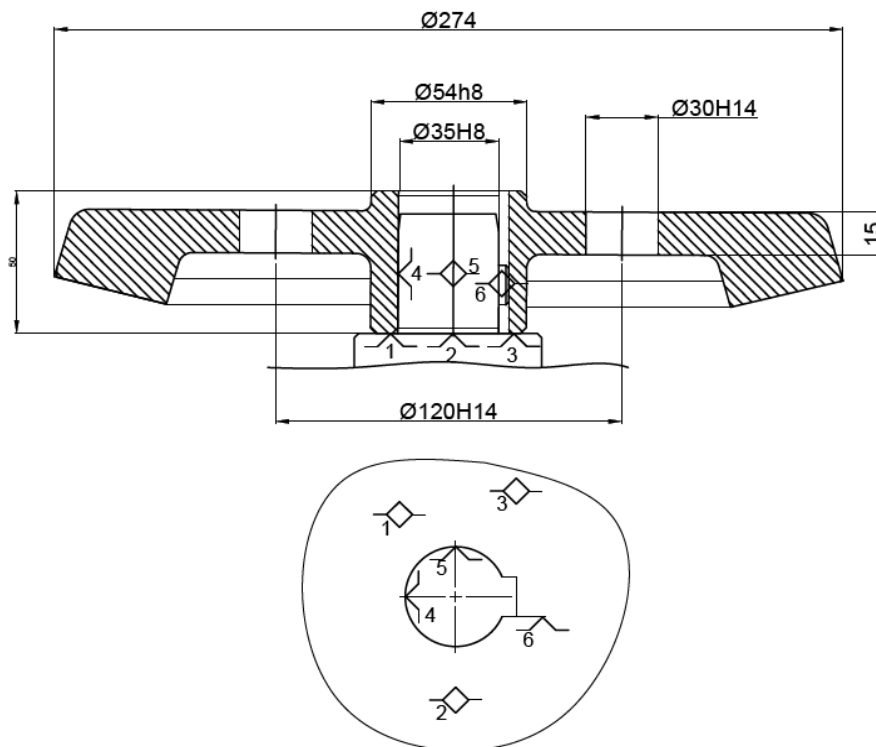


Рис. 3.2. Схема базування

Торець деталі є встановлювальною технологічною базою та позбавляє деталь 3 ступенів вільності (1, 2, 3). Внутрішня циліндрична поверхня є подвійною опорною базою та позбавляє заготовку двох ступенів вільності. Поверхня шпонкового пазу є опорною базою та позбавляє її ще одного ступеня вільності.

Базування-повне. Похибка базування - поле розсіювання розмірів між вимірювальною і установочною базами заготовки.

3.1.2 Розрахунок похибки базування на розмір Ø120H14

Для даного розміру, що отримується Ø120H14 вимірювальною базою є вісь обертання деталі, а технологічною базою циліндрична поверхня отвору Ø35H7, тобто вони не співпадають і виникає похибка базування. ($\epsilon_{\phi\phi120H14}$).

$\epsilon_{\phi\phi120H14}$ - рівна максимальному зазору при базуванні зубчастого колеса на палець центровик в пристрої (див. рис. 3.1.).

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$$\varepsilon_{\phi 120H14} = S_{\max} = T_{\phi 35g6} + T_{\phi 35H7} + S_{\min} [8] \quad (3.1)$$

$$\text{де } T_{\phi 35g6} = T_{\phi 35g6} (-0,020^{-0,009}), T_{\phi 35g6} = 0,011 \text{ мм}$$

$$T_{\phi 35H7} = T_{\phi 35H7} (+0,025), T_{\phi 35H7} = 0,025 \text{ мм}$$

Мінімальний зазор:

$$S_{\min} = 0,009 \text{ мм.} [8] \quad (3.2)$$

Звідки розрахункова похибка базування:

$$\varepsilon_{\phi 120H14} = S_{\max} = T_{\phi 35g6} + T_{\phi 35H7} + S_{\min} = 0,011 + 0,025 + 0,009 = 0,045 \text{ мм} \quad (3.3)$$

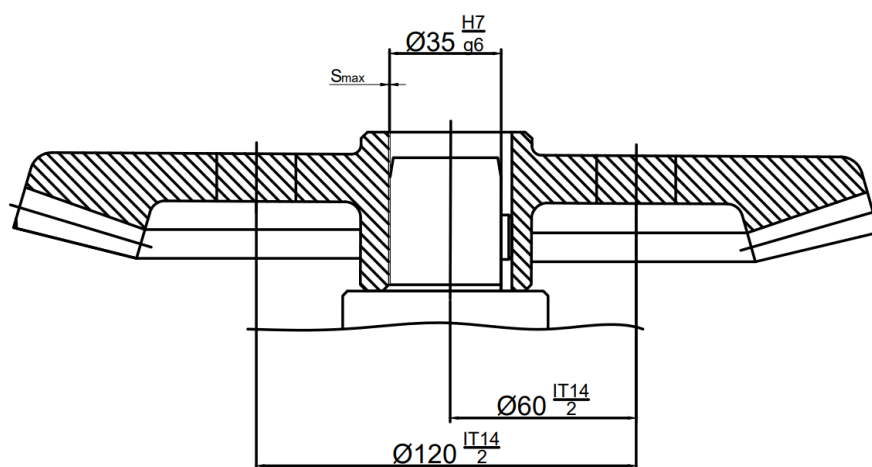


Рис. 3.3. Схема для розрахунку похибки базування

Для забезпечення заданої точності обробки, похибка в базуванні $\varepsilon_{\phi 120H14}$ не повинна перевищувати величину допуску на розмір $\phi 120H14(+0,025)$ тобто це є умова забезпечення точності:

$$\varepsilon_{\phi 120H14} (0,045 \text{ мм}) < T_{\phi 120H14} (0,87 \text{ мм}) [8] \quad (3.4)$$

Тобто умова забезпечення точності отримання міжосьової віддалі між отворами на маточині зубчастого колеса виконується.

3.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання заготовки в пристрої

Розрахунок необхідної сили затискання та порівняння її з дійсною, виконуємо за формулою [8]:

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$P_3 = \frac{K_3 \cdot M_{кр}}{0,33 \cdot (f_0 \cdot \left(\frac{D_1^3 \cdot D_2^3}{D_3^3 \cdot D_4^3}\right) + f_3 \cdot \left(\frac{d_1^3 \cdot d_2^3}{d_3^3 \cdot d_4^3}\right))} \quad [8] \quad (3.5)$$

де: P_3 - сила затиску заготовки;

$M_{кр}$ - крутний момент при свердлуванні ($M_{кр} = 34 \text{ Нм}$) з попередніх розрахунків (при свердлуванні 6 отв. $\varnothing 30 \text{ H14}$);

K_3 - коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу, розраховується за формулою [8]:

$$K_3 = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \quad [8] \quad (3.6)$$

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу ($K_0=1,5$);

K_1 - враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності припуску, ($K_1=1,2$);

K_2 - враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту ($K_2=1,15$);

$K_3 - K_3 = 1,0$ [8];

K_4 - залежить від постійності сили затиску, $K_4 = 1,0$ [8];

K_5 - залежить від ергономіки ручного приводу, $K_5 = 1,0$ [8];

$K_6=1,0$ [8];

f_0 - коефіцієнт тертя, в контактi заготовки з опорою ($f_0 = 0.16$) [8].

Підставляємо отримані значення коефіцієнтів у формулу для K_3 [8]:

$$K_3 = 1,5 \times 1,2 \times 1,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,07$$

Приймаємо коефіцієнт запасу затискання $K_3 = 2,5$ [8].

f_3 - коефіцієнт тертя, в контактi заготовки з шайбою (для даних умов коефіцієнт приймаємо $f_3 = 0,16$ для забезпечення гарантованої сили затиску).

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 34000}{0,33 \cdot \left(0,16 \cdot \left(\frac{71,56^3 \cdot 32^3}{71,56^3 \cdot 32^3} \right) + 0,16 \cdot \left(\frac{60^3 - 30^3}{60^3 - 30^3} \right) \right)} = 14302,36 \text{ Н}$$

Розробка схеми дії сил, що діють на заготовку (див. рис. 3.3.)

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

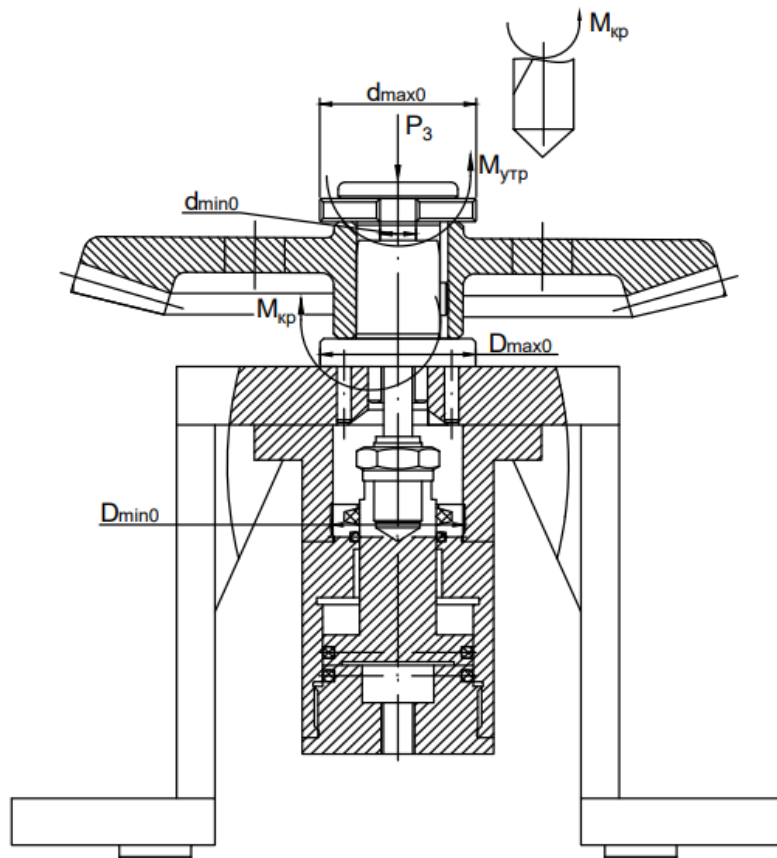


Рис. 3.4. Схема дії сил для розрахунку необхідної сили затискання

3.1.4 Розрахунок параметрів гідравлічного приводу

Діаметр поршня гідроциліндра D (див. рис. 3.3.) розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{P_3 \cdot 4}{\pi \cdot P \cdot \eta \cdot 0,75}} [8] (3.7)$$

де P - робочий тиск гідроциліндра в мережі ($P = 10 \text{ МПа}$);

η - коефіцієнт корисної дії гідроциліндра ($\eta = 0,85$).

$$D = \sqrt{\frac{14302,36 \cdot 4}{\pi \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 0,75}} = 53,45 \text{ мм}$$

Отримане розрахункове значення діаметра циліндра округляємо до найближчого більшого стандартного і приймаємо:

- діаметр поршня – $D = 63 \text{ мм}$;
- діаметр штока – $d = 32 \text{ мм}$.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

За даними з розрахунків був вибраний гідроциліндр - 7021-0156.

3.1.5. Визначення фактичної сили затискання заготовки в пристрої

Визначаємо фактичну силу затискання заготовки в пристрої та порівнюємо її з потрібною.

Дійсна сила затиску:

$$P_{зд} = \frac{\pi \cdot (D^2 \cdot d^2)}{4} \cdot P \cdot \eta \quad [8] \quad (3.8)$$

$$P_{зд} = \frac{\pi \cdot (63^2 \cdot 32^2)}{4} \cdot 0,85 \cdot 10 = 19650 \text{ Н}$$

Так як $P_{зд} = 19650 \text{ Н} > P_з = 14302,36 \text{ Н}$, то умова надійності затискання заготовки в пристрої виконана.

3.1.6. Розробка конструкції спеціального пристрою для свердлування 6 отворів Ø30H14 мм, та опис принципу роботи пристрою

Пристрій - спеціальний, одномісний механізований, забезпечує надійне затискання деталі та її фіксацію.

Пристрій підвищує продуктивність праці, так як зменшується витрата часу на встановлення деталі, та забезпечує необхідну точність механічної обробки.

Даний пристрій для свердління отворів 6 отворів Ø30H14 встановлюється на стіл вертикально-свердлильного верстата моделі 2P135Ф2 та працює таким чином: деталь базується на циліндричний палець **4** отвором Ø35H7 та шпонковим пазом $b=14\text{мм}$. На торець деталі встановлюється швидкоз'ємна шайба, під головку тяги **6**. Масло подається в штокову порожнину гідроциліндра. Шток гідроциліндра за допомогою тяги затискає заготовку в пристрої, яка в свою чергу за допомогою головки **1** буде затискати деталь швидкоз'ємною шайбою. Після закінчення свердлування отворів, тобто виконання свердлувальної операції масло подається в безштокову порожнину гідроциліндра, після чого здійснюється розтискання деталі.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

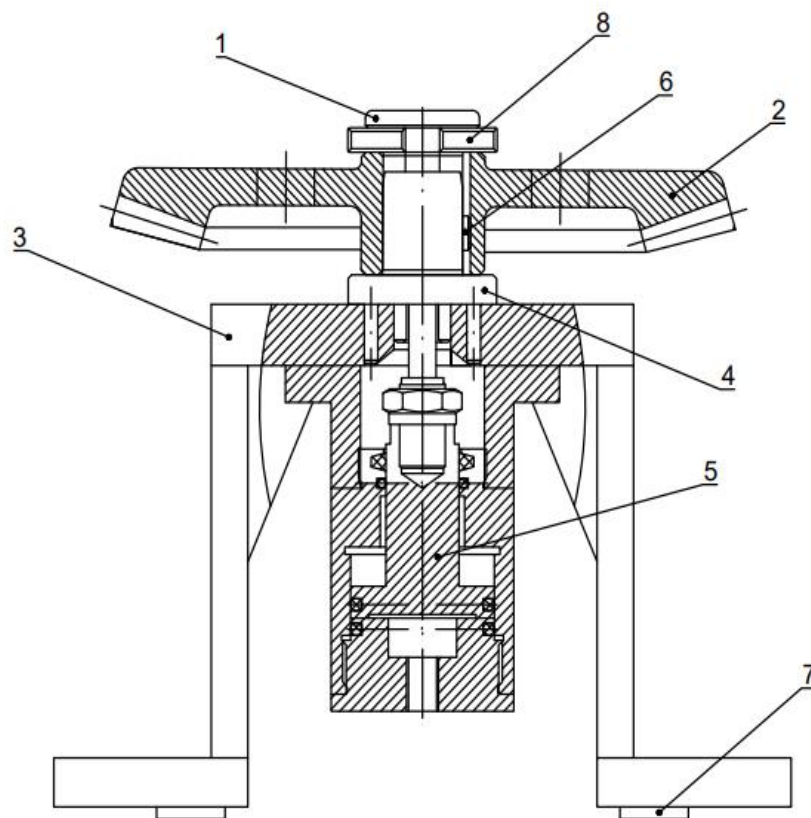


Рис. 3.5. Схема пристрою для свердлування 6 отворів Ø30H14

1 - тяга; 2 - заготовка; 3 - корпус; 4 - палець-центровик; 5 - гідропривід;
6 - шпонка; 7 - шпонка; 8 - шайба швидкоз'ємна.

Складальне креслення спеціального пристрою для свердлування 6 отворів Ø30H14 та його специфікація представлені в графічній частині бакалаврської атестаційної роботи (див. рис. 3.5)

3.2. Проектування протяжки для протягування шпонкового пазу b = 14P7 (протяжка шпонкова b = 14P7 мм)

Розробляємо конструкцію спеціальної шпонкової протяжки для протягування шпонкового пазу в отворі 35H7 маточини конічного зубчастого колеса. (див рис. 3.4.)

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

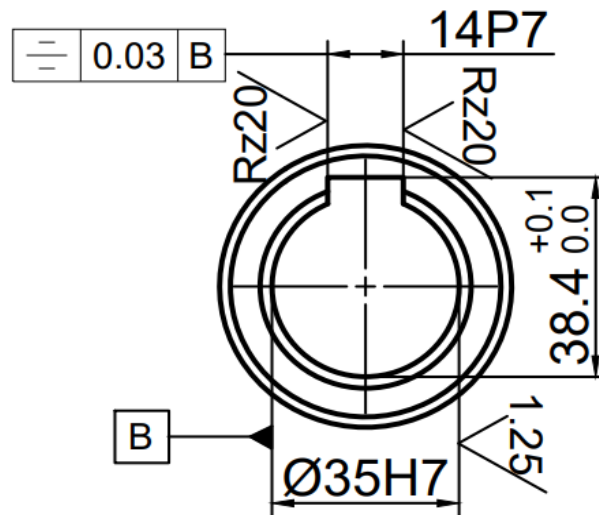


Рис. 3.6. Ескіз отвору маточини колеса з шпонковим пазом 14P7

Виконуємо розрахунки параметрів шпонкової протяжки 14P7 в наступній послідовності [3]:

- 1) Розраховуємо припуск на обробку шпонкового пазу:

$$\Pi_{14P7} = 38,4 - 35 = 3,4 \text{ мм (при } A_{\max} = 6,01 \text{ мм)} \quad (3.9)$$

- 2) Визначаємо подачу на зуб:

$$S_z = 0,08 \text{ мм/зуб [3] (3.10)}$$

- 3) Розраховуємо геометрію профіля зуба, розмірів протяжки і впадини між зубами.

$$h = 6 \text{ мм, } a = 4 \text{ мм, } l_{\text{прот}} = 1145 \text{ мм, } t_p = 14 \text{ мм [3] (3.11)}$$

- а) частота перерізу впадин:

$$F_K = F_C * K \quad [3] \quad (3.12)$$

де F_K - площа перерізу металу, який знімається одним зубом;

$$F_C = S_z * l \quad [3] \quad (3.13)$$

де l - довжина отвору,

K - об'ємний коефіцієнт, $K = 3$ [6].

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$F_K = S_z * l * K = 0,1 \times 50 \times 3 = 15 \text{ мм}^2 \quad [3] \quad (3.13)$$

- б) Розраховуємо крок калібруючих зубців:

$$t_K = (0,6 / 0,8) t_p \quad [3] \quad (3.14)$$

$$t_K = (0,6 / 0,8) * 14 = 8 \text{ мм}$$

4) Визначаємо геометричні параметри різальних і калібруючих зубців:

$$\gamma = 6^\circ; \alpha_p = 5^\circ; \alpha_k = 3^\circ [3] \quad (3.15)$$

5) Визначаємо кількість різальних калібруючих зубців. За ДСТУ 18217-80 кількість зубів $Z=45$. Кількість різальних зубців:

$$Z_p = 52, Z_K = 6 [3] \quad (3.15)$$

6) Розраховуємо розміри різальних зубців:

$$H_i = H_i + S_z [3] \quad (3.16)$$

$$H_1 = 30,00 \text{ мм}$$

$$H_2 = H_1 + S_z = 30,00 + 0,08 = 30,08 \text{ мм.}$$

$$H_3 = H_2 + S_z = 30,08 + 0,08 = 30,16 \text{ мм.}$$

$$H_4 = H_3 + S_z = 30,16 + 0,08 = 30,24 \text{ мм.}$$

$$H_5 = H_4 + S_z = 30,24 + 0,08 = 30,32 \text{ мм.}$$

$$H_6 = H_5 + S_z = 30,32 + 0,08 = 30,40 \text{ мм.}$$

$$H_7 = H_6 + S_z = 30,40 + 0,08 = 30,48 \text{ мм.}$$

$$H_8 = H_7 + S_z = 30,48 + 0,08 = 30,56 \text{ мм.}$$

$$H_9 = H_8 + S_z = 30,56 + 0,08 = 30,64 \text{ мм.}$$

$$H_{10} = H_9 + S_z = 30,64 + 0,08 = 30,72 \text{ мм.}$$

$$H_{11} = H_{10} + S_z = 30,72 + 0,08 = 30,80 \text{ мм.}$$

$$H_{12} = H_{11} + S_z = 30,80 + 0,08 = 30,88 \text{ мм.}$$

$$H_{13} = H_{12} + S_z = 30,88 + 0,08 = 30,96 \text{ мм.}$$

$$H_{14} = H_{13} + S_z = 30,96 + 0,08 = 31,04 \text{ мм.}$$

$$H_{15} = H_{14} + S_z = 31,04 + 0,08 = 31,12 \text{ мм.}$$

$$H_{16} = H_{15} + S_z = 31,12 + 0,08 = 31,20 \text{ мм.}$$

$$H_{17} = H_{16} + S_z = 31,20 + 0,08 = 31,28 \text{ мм.}$$

$$H_{26} = H_{25} + S_z = 31,92 + 0,08 = 32,00 \text{ мм.}$$

$$H_{27} = H_{26} + S_z = 32,00 + 0,08 = 32,08 \text{ мм.}$$

$$H_{28} = H_{27} + S_z = 32,08 + 0,08 = 32,16 \text{ мм.}$$

$$H_{29} = H_{28} + S_z = 32,16 + 0,08 = 32,24 \text{ мм.}$$

$$H_{30} = H_{29} + S_z = 32,24 + 0,08 = 32,32 \text{ мм.}$$

$$H_{31} = H_{30} + S_z = 32,32 + 0,08 = 32,40 \text{ мм.}$$

$$H_{32} = H_{31} + S_z = 32,40 + 0,08 = 32,48 \text{ мм.}$$

$$H_{33} = H_{32} + S_z = 32,48 + 0,08 = 32,56 \text{ мм.}$$

$$H_{34} = H_{33} + S_z = 32,56 + 0,08 = 32,64 \text{ мм.}$$

$$H_{35} = H_{34} + S_z = 32,64 + 0,08 = 32,72 \text{ мм.}$$

$$H_{36} = H_{35} + S_z = 32,72 + 0,08 = 32,80 \text{ мм.}$$

$$H_{37} = H_{36} + S_z = 32,80 + 0,08 = 32,88 \text{ мм.}$$

$$H_{38} = H_{37} + S_z = 32,88 + 0,08 = 32,96 \text{ мм.}$$

$$H_{39} = H_{38} + S_z = 32,96 + 0,08 = 33,04 \text{ мм.}$$

$$H_{40} = H_{39} + S_z = 33,04 + 0,08 = 33,12 \text{ мм.}$$

$$H_{41} = H_{40} + S_z = 33,12 + 0,08 = 33,20 \text{ мм.}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$\begin{aligned}
H_{18} &= H_{17} + S_Z = 31,28 + 0,08 = 31,36 \text{ мм.} & H_{42} &= H_{41} + S_Z = 33,20 + 0,08 = 33,28 \text{ мм.} \\
H_{19} &= H_{18} + S_Z = 31,36 + 0,08 = 31,44 \text{ мм.} & H_{43} &= H_{42} + S_Z = 33,28 + 0,08 = 33,36 \text{ мм.} \\
H_{20} &= H_{19} + S_Z = 31,44 + 0,08 = 31,52 \text{ мм.} & H_{44} &= H_{43} + S_Z = 33,36 + 0,08 = 33,44 \text{ мм.} \\
H_{21} &= H_{20} + S_Z = 31,52 + 0,08 = 31,60 \text{ мм.} & H_{45} &= H_{44} + S_Z = 33,44 + 0,08 = 33,52 \text{ мм.} \\
H_{22} &= H_{21} + S_Z = 31,60 + 0,08 = 31,68 \text{ мм.} & H_{46} &= H_{45} + S_Z = 33,52 + 0,08 = 33,60 \text{ мм.} \\
H_{23} &= H_{22} + S_Z = 31,68 + 0,08 = 31,76 \text{ мм.} & H_{47} &= H_{46} + S_Z = 33,60 + 0,08 = 33,68 \text{ мм.} \\
H_{24} &= H_{23} + S_Z = 31,76 + 0,08 = 31,84 \text{ мм.} & H_{48} &= H_{47} + S_Z = 33,68 + 0,08 = 33,76 \text{ мм.} \\
H_{25} &= H_{24} + S_Z = 31,84 + 0,08 = 31,92 \text{ мм.} & H_{49} &= H_{48} + S_Z = 33,76 + 0,08 = 33,84 \text{ мм.} \\
H_{50} &= H_{49} + S_Z = 33,84 + 0,08 = 33,92 \text{ мм.} & H_{51} &= H_{50} + S_Z = 33,92 + 0,08 = 34,00 \text{ мм.} \\
H_{52} &= H_{51} + S_Z = 34,00 + 0,08 = 34,08 \text{ мм.}
\end{aligned}$$

7) Розраховуємо розміри калібруючих зубців:

$$H_K = H_{\max} + S, \text{ де } S = 0,01 \div 0,005, \text{ мм [3] (3.17)}$$

Звідки розміри калібруючих зубців:

$$\begin{aligned}
H_{53} &= 34,08 \text{ мм} & H_{56} &= 34,08 \text{ мм} \\
H_{54} &= 34,08 \text{ мм} & H_{57} &= 34,08 \text{ мм} \\
H_{55} &= 34,08 \text{ мм} & H_{58} &= 34,08 \text{ мм}
\end{aligned}$$

8) Розраховуємо розміри хвостовика протяжки:

$$l = 306 \text{ мм; } B_{III} = 12 \text{ мм; } l_{1\min} = 16 \text{ мм; } l_{2\min} = 25 \text{ мм; } l_3 = 22 \text{ мм.}$$

9) Виконуємо розрахунок на міцність по небезпечному перерізу протяжки за формулою:

$$\frac{P_{Z\max}}{F} \leq [\sigma_H], [3] \text{ (3.18)}$$

де $[\sigma_H] = 200 \text{ МПа}$ для швидкорізальних сталей [3];

$$F = H * B, P_Z = p * \sum B (\sum B = 16 \text{ мм; } p = 236 \text{ Н}) [3] \text{ (3.18)}$$

$$P_{Z\max} = 236 \cdot 16 = 3776 \text{ Н}$$

а) Визначаємо розмір шийки протяжки за формулою:

			$F = H * B = 30 * 12 = 360 \text{ мм [3] (3.19)}$		Арк.
			МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ		82
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$\frac{P_{Zmax}}{F} = \frac{3776}{360} = 10,43 \text{ мм [3] (3.20)}$$

б) Визначаємо впадини першого зубця протяжки за формулою:

$$F = (H - h) * B = (30 - 5) * 16 = 400 \text{ мм [3] (3.21)}$$

$$\frac{P_{Zmax}}{F} = \frac{3776}{400} = 9,44 \text{ мм [3] (3.22)}$$

Проведені розрахунки показують що, умова міцності протяжки виконується. Розрахункові розміри шпонкової протяжки 14Р7 (див. рис. 3.5.).

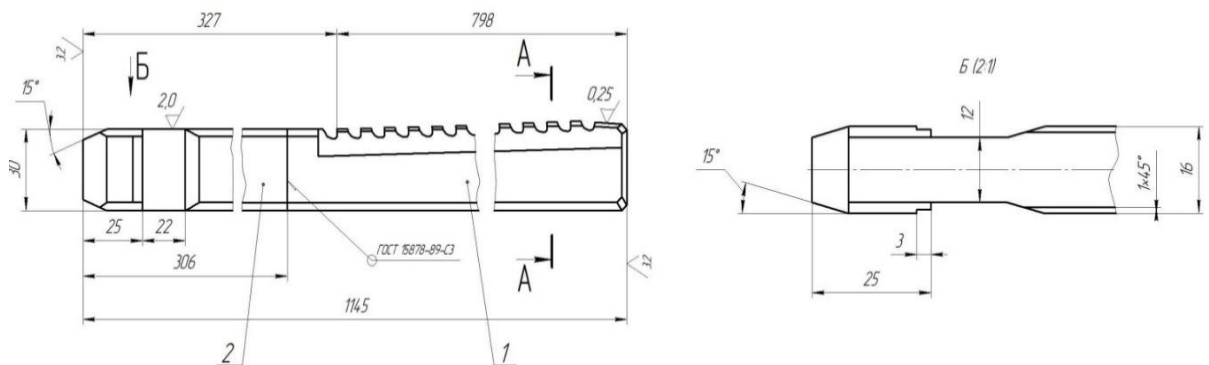
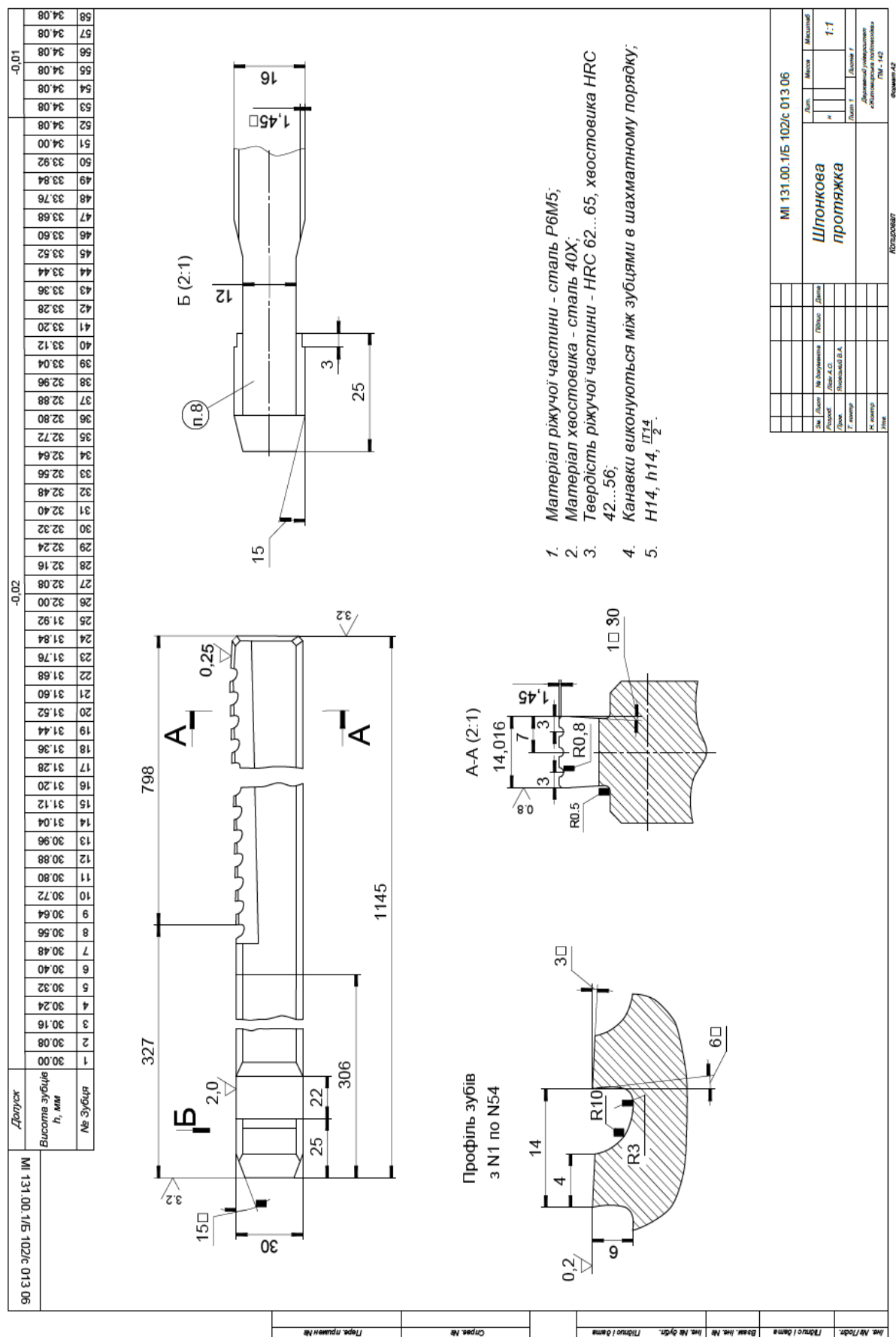


Рис. 3.7. Розрахункові розміри шпонкової протяжки 14Р7

В графічній частині розробляємо робоче креслення шпонкової протяжки 14Р7 (див. рис. 3.6.)

Арк.
84



3.3 Проектування спеціальної калібр-пробки Ø35H7 для контролю отвору Ø35H7 конічного зубчастого колеса

1) Виконуємо вибір граничних відхилень і граничних розмірів деталі та контрольного інструменту (калібр-пробка Ø35H7)

Визначаємо розміри калібр-пробки для отвору Ø35 з полем допуску H7.

За ДСТУ 25347-82 знаходимо граничне відхилення отвору:

$$ES = +25\text{мкм} = +0,025\text{мм} [3] \quad (3.23)$$

$$EI = 0 = 0\text{мм} [3] \quad (3.24)$$

Тоді максимальний та мінімальний діаметри отвору конічного зубчастого колеса:

$$D_{\max} = 35 + 0,025 = 35,025\text{мм} [3] \quad (3.26)$$

$$D_{\min} = 35\text{мм} [3] \quad (3.25)$$

Розробляємо схему полів допуску калібр-пробки Ø35H7 (див. рис. 3.7.)

$H = 4\text{мкм} = 0,004\text{мм}$, $Z = 3,5\text{мкм} = 0,0035\text{мм}$, $Y = 3\text{мкм} = 0,003\text{мм}$

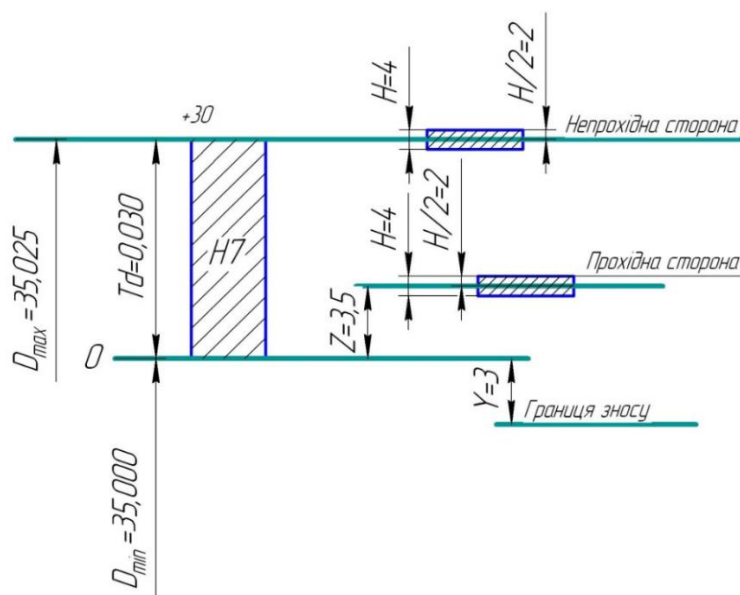


Рис.3.9. Поля допусків калібр-пробки Ø35H7

2) Розраховуємо виконавчі розміри контрольно-вимірювального інструменту – калібр-пробка Ø35H7.

Визначаємо найбільший розмір прохідної калібр-пробки (ПР):

$$P_{max} = D_{min} + z + \frac{H}{2} = 35,0000 + 0,0035 + \frac{0,004}{2} = 35,0055 \text{ мм [3] (3.27)}$$

Розмір калібру-пробки ПР, що буде проставлений на її робочому кресленні, при полі допуску на виготовлення $H = 0,004$ мм буде рівний:

$$\varnothing 35,055 - 0,004 \text{ мм.}$$

Виконавчі розміри калібр-пробки:

найбільший – $\varnothing 35,0055$ мм, найменший – $\varnothing 35,0015$ мм.

Найменший розмір зношеної калібр-пробки при полі допуску на зношування $Y = 3$ мкм:

$$P_{min} = D_{min} - Y = 35,000 - 0,003 = 34,997 \text{ мм [3] (3.28)}$$

Визначаємо найбільший розміри непрохідної частини калібр-пробки (HE_{max}):

$$HE_{max} = D_{max} - \frac{H}{2} = 35,0000 + \frac{0,004}{2} = 35,0027 \text{ мм [3] (3.28)}$$

Виконавчі розміри непрохідної частини калібр-пробки:

найбільший – $\varnothing 35,027$ мм;

найменший – $\varnothing 35,0055$ мм.

Робоче креслення калібр-пробки $\varnothing 35H7$ представлено в графічній частині проекту (див. рис. 3.9.)

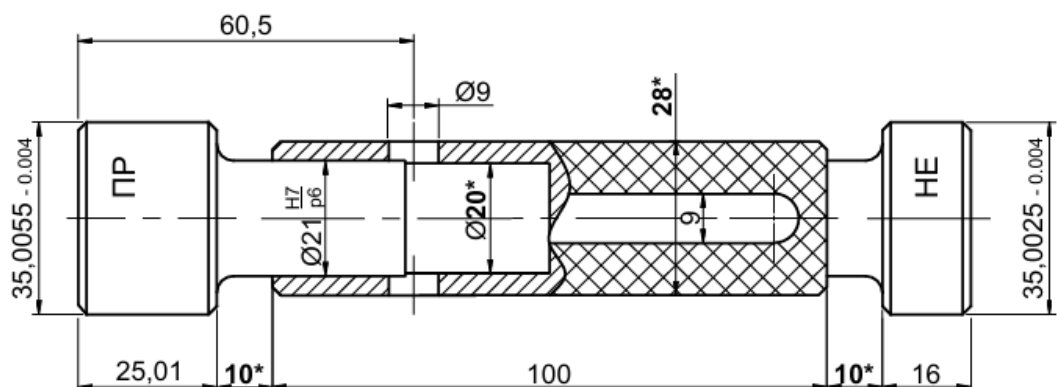


Рис.3.10. Калібр пробка $\varnothing 35H7$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Арк.
87

Рис. 3.11 Креслення калібр-проби

3.4. Висновки розділу

В даному розділі було розроблено конструкцію спеціального верстатного пристосування для свердлування 6-ти отворів діаметром $\varnothing 30H14$ мм. Виконано розроблення конструкції шпонкової протяжки $b = 14$ мм та калібр-пробки для контролю отвору $\varnothing 35H7$ мм. Розроблені 3D-моделі конічного колеса з круговим зубом, креслення заготовки, чотириступнічастого конічно-циліндричного редуктора та спеціального пристрою для свердлування 6-ти отворів.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні випускної кваліфікаційної роботи вирішені наступні задачі:

- Проведено аналіз службового призначення, умов експлуатації деталі та механізму на її базі, а також технічних вимог при її виготовленні.

- За результатами аналізу деталі на технологічність та типових технологічних процесів, розроблено технологічний процес виготовлення деталі, вибрано спосіб отримання заготовки, визначено основні та міжопераційні припуски на обробку деталі, вибрано потрібне технологічне обладнання та оснащення, враховані режими різання для основних операцій, визначена норма часу на переходу при механічній обробці деталі.

- Спроектовано спеціальний пристрій для фіксації деталі при свердлуванні, спеціальний різальний інструмент для протягування шпонкового пазу, вимірювальний інструмент для контролю центрального отвору.

При виконанні даної випускної кваліфікаційної роботи було використано таке програмне забезпечення:

- AutoCAD;
- Autodesk Inventor.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: Підручник. – Житомир.: ЖДТУ, 2005. – 924с.
2. Руденко П.А. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні. Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1985, -255с.
3. Скочко Є.В. Технологія інструментального виробництва: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 1999. – 226с.
4. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008, - 1014 с.
5. Железна А.О., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2002. 624с.
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 320с.
7. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. Підручник. – К.: Кондор, 2008. -726 с.
8. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005 – 120 с.
9. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Навчальний посібник / Під заг. ред. В.А. Кириловича – Житомир.: ЖІТІ, 2001. – 600 с.
10. Виговський Г.М. Теорія різання: Навчальний посібник – Житомир.: ЖДТУ, 2006. – 326 с.
11. Мельничук П.П., Мельник О.Л., Яновський В.А. Курсове проектування з технології виготовлення типових деталей. Навчально-методичний посібник – Житомир. Державний технологічний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 287 с.
12. Заготовки деталей машин: формоутворення, параметри, характеристики. Частина 1: підручник / В.А. Кирилович, О.Л. Мельник, П.П.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мельничук, В.А. Яновський; за ред. В.А. Кириловича. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020 – 316 с.

13. Технологічна обробка зубчастих коліс. Тернопіль.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А1 Комплект технологічної документації на виготовлення конічного зубчастого колеса з круговим зубом.

Додаток А2 Креслення графічної частини бакалаврської роботи.

Додаток А3 Специфікації.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 00-ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.			
Зам.			
Підп.			

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

		Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01		
Конічне колесо з круговим зубом			Н		

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

виготовлення деталі Конічне колесо з круговим зубом

Розробив: Лісін А.О.

Перевірів: Яновський В.А.

2025

ТЛ	
----	--

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
Розроб.	Лісін А.О.					Державний університет «Житомирська політехніка»					МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01								
Консульт.	Яновський В.А.																		
Н. контр.															н				
М01	Штапування / Сталь 35Х																		
М02	Код		ОВ	МД	ОН	Н. втр.	КВМ	Код загот.		Профіль та розміри			КД	МЗ					
				12,58	1		0,29	Штаповка		Ø274 × 50 × Ø35			1	17,69					
А	Цех	Діль.	РМ	Опер.	Код, назва операції					Позначення документа									
Б	Код, назва обладнання								СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт
А 03	XX	XX	XX	010	4110 Токарна														
Б 04	381101	Токарно-гвинторізний верстат 16K20					1		200	1Р	1	1	1	30	1	12	3,08		
О 05	1 . Підрізати торець витримавши шорсткість Ra 2,5 мкм; 2. Точити поверхню Ø54h8 мм попередньо і кінцево в розмір 28 ± 0,1 мм; 3.Точити конічну поверхню Ø274 / Ø196																		
06	мм, попередньо і кінцево, витримавши Ra 2,5 мкм; 4. Розточити центральний отвір Ø35H8; 5.Точити 2 фаски 2 x 45° мм.																		
Т 07	Патрон токарний самоцентруючий 3-х кулачковий, різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73, різець розточний ГОСТ 18883-73, різець фасочний спеціальний.																		
08																			
А 09	XX	XX	XX	015	XXXX Токарна - програмна														
Б 10	381021	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПУ 16K20Ф3					1		200	1Р	1	1	1	30	1	12	2,98		
11	1 . Підрізати торець в розмір Ø50h8 мм, витримавши Ra 2,5; 2. Підрізати торець в розмір Ø250 мм витримавши Ra 2,5 мкм; 3. Точити конічну поверхню; 4. Розточити отвір																		
12	Ø35H7 мм остаточно з припуском під шліфування; 5. Точити 2 фаски 2 x 45°.																		
Т 13	Патрон токарний самоцентруючий 3-х кулачковий, різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73, різець розточний ГОСТ 18883-73, штанген-циркуль ШЦ-1-125-0,1,																		
14	калібр – пробка Ø35H7 мм, ГОСТ 14807-69.																		
МК																			

										Форма Іа									
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
А	Цех	Діль.	РМ	Опер.	Код, назва операції				Обозначение документа										
Б	Код, назва обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт				
А 01	XX	XX	XX	020	4181 Горизонтально-протягувальна														
Б 02	381751				Горизонтально-протягувальний верстат 7Б534				1		200	1Р	1	1	1	30	1	12	0,46
О 03	1. Протягнути шпонковий паз 14Р7 мм, витримуючи розмір $l = 50$ мм і $38,4_{0,0}^{+0,1}$ мм.																		
Т 04	Адаптер спеціальний, протяжка шпонкова b = 14 мм ГОСТ 18217-90, калібр пазовий, b = 14Р7 мм, ГОСТ 27894-84.																		
05																			
А 06	XX	XX	XX	025	4131 Свердлильна програмна														
Б 07	381022				Вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2				1		200	1Р	1	1	1	30	1	15	3,2
О 08	1. Свердлити 6 отворів Ø15Н14 мм, витримавши розміри Ø120 і 15 мм; 2. Розсвердлити 6 отворів з Ø15Н14 до Ø30Н14 мм, витримавши розмір 15 мм.																		
Т 09	Пристрій спеціальний, свердло центровочне спіральне 2 = 90° ОСТ 2И20-2-80, свердло спіральне Ø15 мм 2 = 118° ОСТ 2И20-2-80, свердло спіральне Ø30 2 = 118° ОСТ 2И20-2-80.																		
10																			
А 11	XX	XX	XX	030	4150 Зубонарізна														
Б 12	381312				Зубонарізний напівавтомат 525				1		200	1Р	1	1	1	30	1	12	11,18
О 13	1. Нарізати зубці m = 6 мм, z = 45, попередньо під шліфування.																		
Т 14	Оправка спеціальна, зубонарізна головка ГОСТ 11902-77, калібр-скоба ГОСТ 8922-75, зубомір ГОСТ 17831-89.																		
15																			
16																			
МК																			

										Форма Іа								
Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
А	Цех	Діль.	РМ	Опер.	Код, назва операції					Обозначение документа								
Б	Код, назва обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт		
А 01	XX	XX	XX	040	4151 Зубошліфувальна													
Б 02	381561				Шліфувальний верстат 5В833			1		200	1Р	1	1	1	30	1	15	10,99
О 03	1. Шліфувати поверхню зубців m = 6 мм, z = 45.																	
Т 04	Оправка спеціальна, круг шліфувальний (400 × 80 × 203 мм) ГОСТ 2424-83, зубомір ГОСТ 17831-89																	
05																		
А 06	XX	XX	XX	025	4132 Внутрішньо-шліфувальна													
Б 07	381022				Шліфувальний верстат 3К228В			1		200	1Р	1	1	1	30	1	19	1,25
О 08	1. Шліфувати отвір Ø35Н7 мм, остаточно витримуючи шорсткість Ra = 1,25 мкм.																	
Т 09	Клиновий патрон, круг шліфувальний ГОСТ 2424-83, калібр – пробка Ø35Н7 мм, ГОСТ 14807-69.																	
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
МК																		

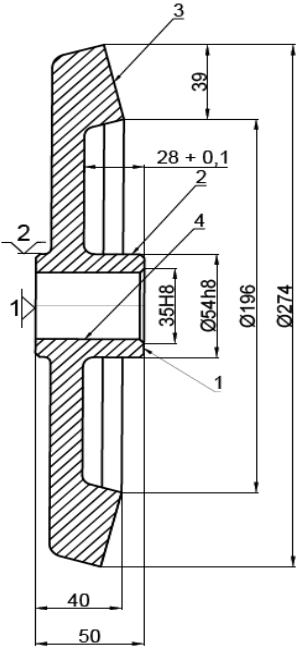
									Аркуш	Аркушів			
									1	2			
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01								
Перевірів	Яновський В.А.												
Т.контр.				Конічне колесо з круговим зубом									
Н. контр.													
Назва операції				Матеріал		Твердість	ОВ	МД			МЗ	КОВД	
Токарна				Сталь 35Х		32...45 HRC		12,58			17,69	1	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		T _о	T _д	T _{п.з.}	T _{шт.}	МОР			
16K20						2,44	0,6	12	3,2	-			
Р						ПІ	Д або В	L	t	i	s	n	v
О 01	1. Встановити заготовку, закріпити і зняти деталь.												
Т 02	Патрон токарний самоцентруючий 3-х кулачковий												
03													
О 04	2. Підрізати торець витримавши шорсткість Ra 2,5 мкм												
Т 05	Різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73.												
06						1	54	-	-	1	0,8	100	75,8
О 07	3. Точити поверхню Ø54h8 мм попередньо і кінцево в розмір 28 ± 0,1 мм												
08	витримавши Ra 2,5 мкм												
Т 09	Різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73.												
10						1	54	28	1,64	1	0,55	100	74,8
О 11	4. Точити конічну поверхню Ø274 / Ø196 мм, попередньо і кінцево,												
	витримавши Ra 2,5 мкм;												
Т 12	Різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73.												
13						1	274	39	0,71	1	0,25	250	140
О 14	5. Розточити центральний отвір Ø35H8												
Т 15	Різець прохідний відігнутий ГОСТ – 18877-73.												
16						1	35	50	0,75	1	0,35	800	88
О 17	6. Точити 2 фаски 2 х 45° мм.												
Т 18	Різець спеціальний фасочний												
ОК													

								Аркуш	Аркушів
								1	1
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01				
Перевірив	Яновський В.А.								
Т.контр.				Конічне колесо з круговим зубом					N операції
Н. контр.									020
Назва операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	МЗ		КОВД
Горизонтально-протягувальна		Сталь 35Х		32...45 HRC		12,58	17,69		1
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		T _о	T _д	T _{п.з.}	T _{ит.}	МОР	
Горизонтально-протягувальний верстат 7Б534				0,13	0,32	12	0,46	-	
P		ПІ	D або B	L	t	i	s	n	v
О 01	1. Встановити заготовку, закріпити і зняти деталь.								
Т 02	Адаптер спеціальний								
03									
О 04	2. Протягнути шпонковий паз 14Р7, мм								
Т 05	Протяжка шпонкова b = 14 мм ГОСТ 18217-90,								
06		1	14	889	3,4	1	0,08	-	10
О 07	Контроль розмірів								
Т 08	Калібр пазовий, b = 14Р7 мм, ГОСТ 27894-84.								
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
ОК									

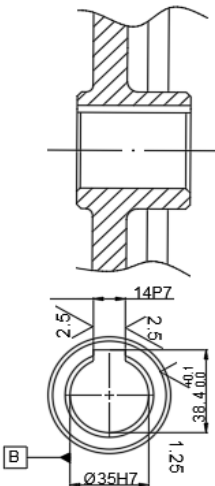
Форма 2

									Аркуш	Аркушів
									1	1
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01					
Перевірів	Яновський В.А.									
Т.контр.				Конічне колесо з круговим зубом						N операції
Н. контр.										025
Назва операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД			МЗ	КОВД
Вертикально-свердильна		Сталь 35Х		32...45 HRC		12,58			17,69	1
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		T _о	T _д	T _{н.з.}	T _{ит.}	МОР		
2Р135Ф3 2П32-3				1,6	1,5	15	3,2	-		
Р		ПІ	D або B	L	t	i	s	n	v	
О 01	1. Встановити заготовку, закріпити і зняти деталь.									
Т 02	Пристрій спеціальний									
03										
О 04	2. Центрувати 6 отворів Ø15 мм.									
Т 05	Свердло центровочне спіральне 2 = 90° ОСТ 2И20-2-80									
06		1	-	-	-	1	0,8	250		
О 07	3. Свердлити 6 отворів Ø15Н14 мм.									
Т 08	Свердло спіральне Ø15 мм 2 = 118° ОСТ 2И20-2-80									
09		1	15	-	7,5	1	0,224	700		
О 10	4. Розсвердлити 6 отворів з Ø15Н14 мм до Ø30Н14 мм									
Т 11	Свердло спіральне Ø30 мм 2 = 118° ОСТ 2И20-2-80									
12		1	30	-	15	1	0,224	300		
О 13	Контроль розмірів									
Т 14	Штанген-циркуль ШЦ-1-125-0,1.									
15										
16										
17										
ОК										

							Аркуш		Аркушів	
							1		1	
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01					
Перевірів	Яновський В.А.									
				Конічне колесо з круговим зубом			н			010
Н. контр										

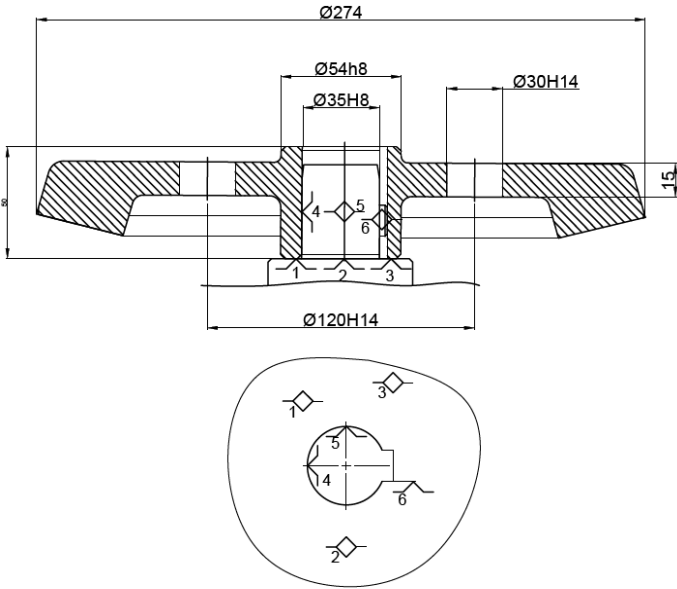


1. H14, h14, ± 0,5 IT14;

							Аркуш	Аркушів
							1	1
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01			
Перевірів	Яновський В.А.							
				Конічне колесо з круговим зубом			н	
Н. контр								020
2.5/ ▽ (✓)  1. H14, h14, ± 0,5 IT14;								
KE								

							Аркуш		Аркушів	
							1		1	
Розроб.	Лісін А.О.			Державний університет «Житомирська політехніка»	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01					
Перевірів	Яновський В.А.									
				Конічне колесо з круговим зубом			н			025
Н. контр										

2.5/
▽ (∇)



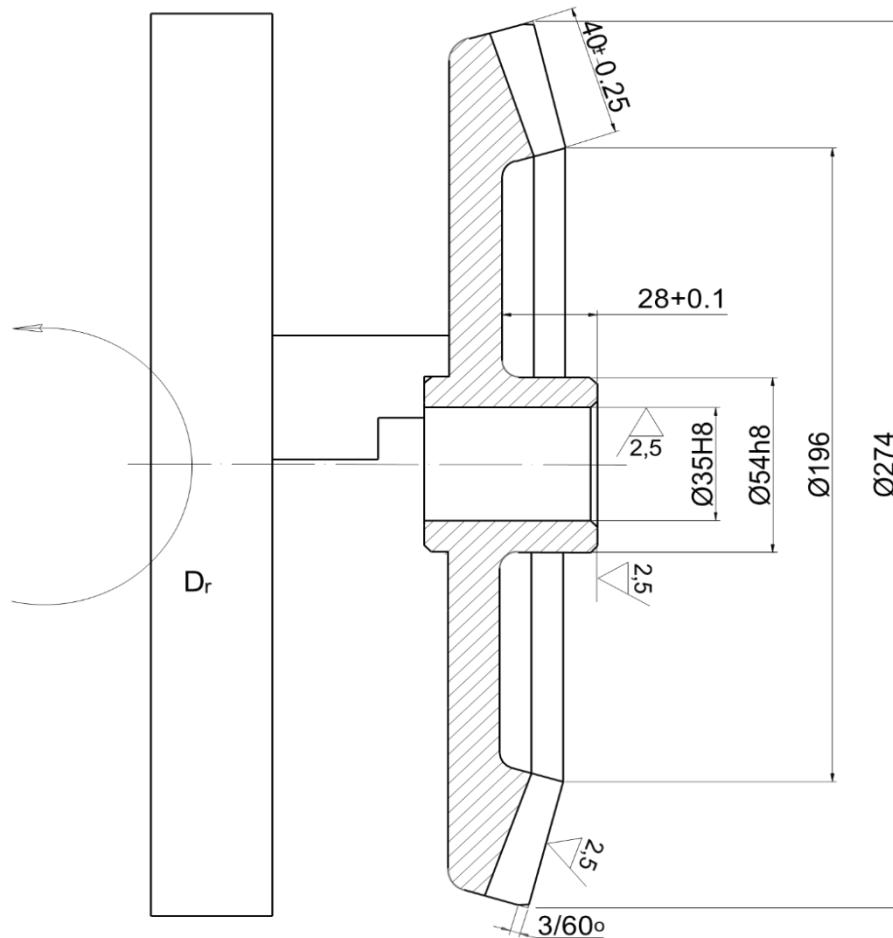
1. H14, h14, ± 0,5 IT14;

2.5
()

Опреація: 010 Токарна
Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат 16К20
Пристрій: Оправка спеціальна

Зміст переходів:

1. Підрізати торець витримавши Ra 2,5 мкм;
2. Точити поверхню (2) Ø54h8 мм попередньо і кінцево в розмір 28 + 0,1 мм;
3. Точити кінчну поверхню (3) Ø274 / Ø196 мм, попередньо і кінцево, витримавши Ra 2,5 мкм;
4. Розточити центральний отвір Ø35H8;
5. Точити 2 фаски 2 x 45°мм



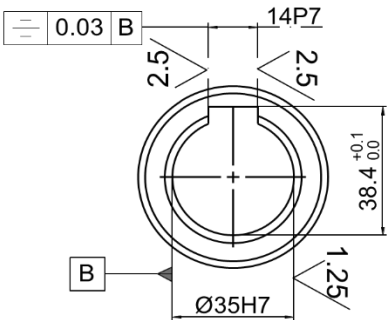
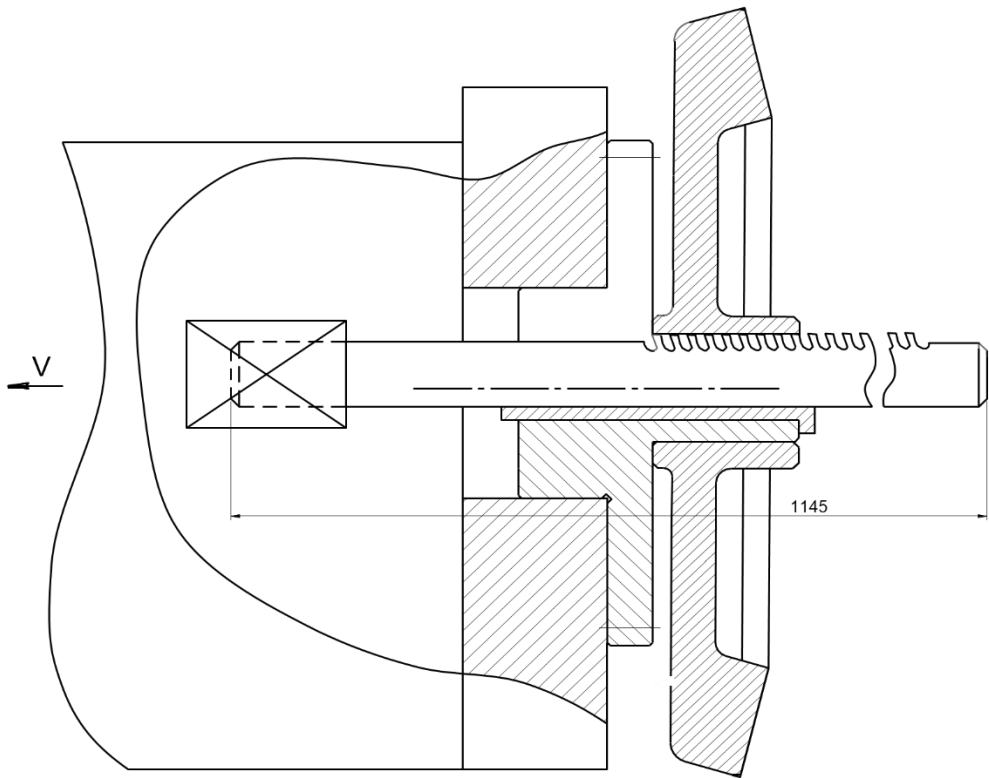
Токарно-гвинторізний верстат 16K20	5	-	0,25	1000	150	2,44	3,08	
	4	-	0,35	800	88			
	3	-	0,25	250	140			
	2	-	0,55	100	74,8			
	1	-	0,8	100	75,8			
Назва та модель верстата	№ переходу	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T _о , хв	T _{шт.} , хв	
	Режими різання					Норми часу		
				MI 131.00.1/Б 102/с 013 10 КН				
				Карта наладки на токарну операцію 010				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб	
Розроб.		ЛистА.О.			н		-	1:1
Пров.		Янковский В.А.						
Т. контр.								
Н. контр.					Лист 1	Лист 1		
Укл.					Державний університет «Житомирська політехніка» ПМ-142			

MI 131.00.1/Б 102/с 013 07

Операція: 020 Горизонтально-протягувальна;
Обладнання: Гооризонтально-протягувальний верстат 7А534;
Пристрій: Адаптер

Зміст операції:

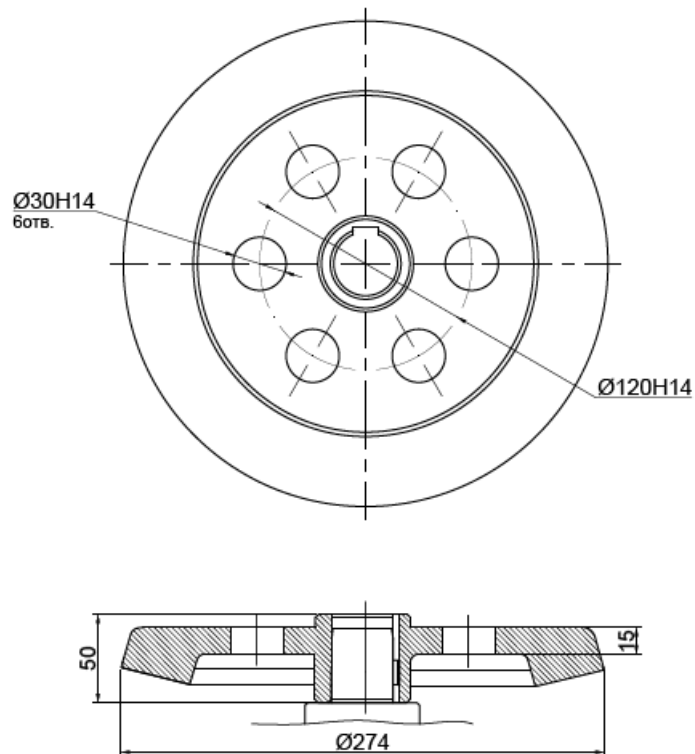
Протягнути шпоночний паз 14Р7 витримуючи розмір 38.4 ^{+0.1}_{0.0}



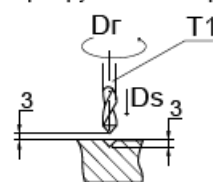
Горизонтально протягувальний верстат 7А534				0,08	10	0,15	0,95			
Назва і модель верстата				Sz, мм/зуб	V, м/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв			
				Режими різання		Норми часу				
MI 131.00.1/Б 102/с 013 07 КН										
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Карта наладки на горизонтально-протягувальну операцію 020			Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.		Лісна О						н		-
Пров.		Яковський В.А.								
Т.контр.										
Н. контр.								Лист 1	Лист 1	
Утв.								Державний університет «Житомирська політехніка» ПМ-142		

Операція: 025 Вертикально свердлильна з ЧПК;
Обладнання: Вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф3;
Притсрій: Спеціальний.

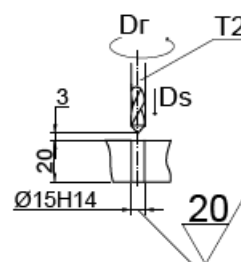
Схема встановлення деталі



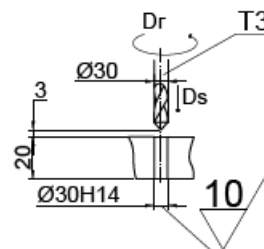
1 перехід
Центрувати 6 отворів



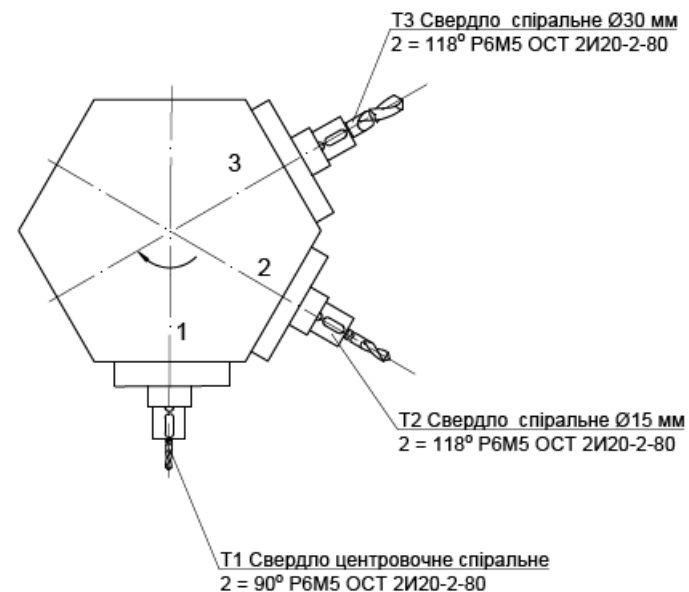
2 перехід
Свердлити 6 отворів
Ø15H14 мм



3 перехід
Розсвердлити 6 отворів
Ø30H14 мм



2.5
(✓)



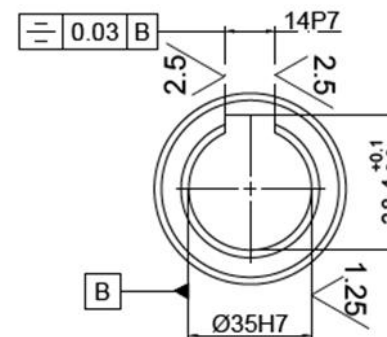
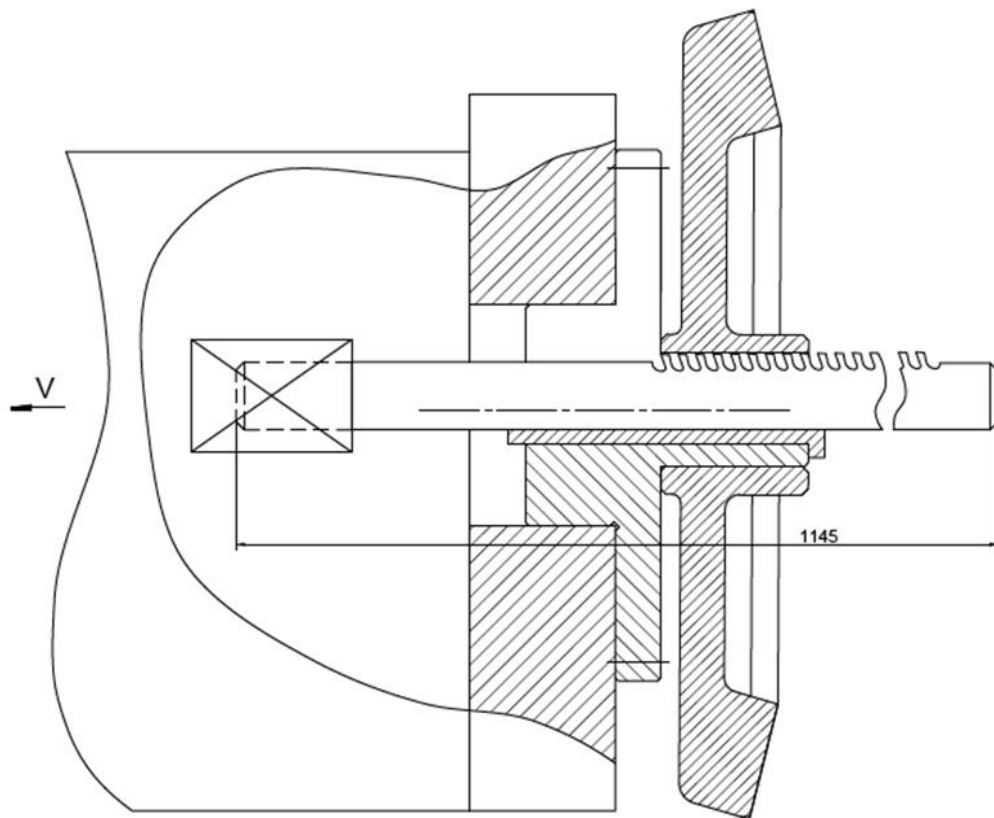
Вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф3	3	3	15	0,224	300	28,2	1,6	3,2
	2	2	7,5	0,224	700	33		
	1	1	-	0,224	700	33		
Назва та модель верстата	N	N	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V _d , м/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
	Позиції інструмента							
	Режими різання							Норми часу
			MI 131.00.1/Б 102/с 013 08					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Карта налагодки на вертикально-свердильний верстат операція 025			
Розроб		Левин А.О.						
Проект		Левинський В.А.						
Т. конструктор								
Н. конструктор					Лист 1		Листів 1	
Утв.					Державний університет «Львівська політехніка» ЛМ-142			

Операція: 020 Горизонтально-протягувальна;
Обладнання: Гооризонтально-протягувальний верстат 7А534;
Пристрій: Адаптер

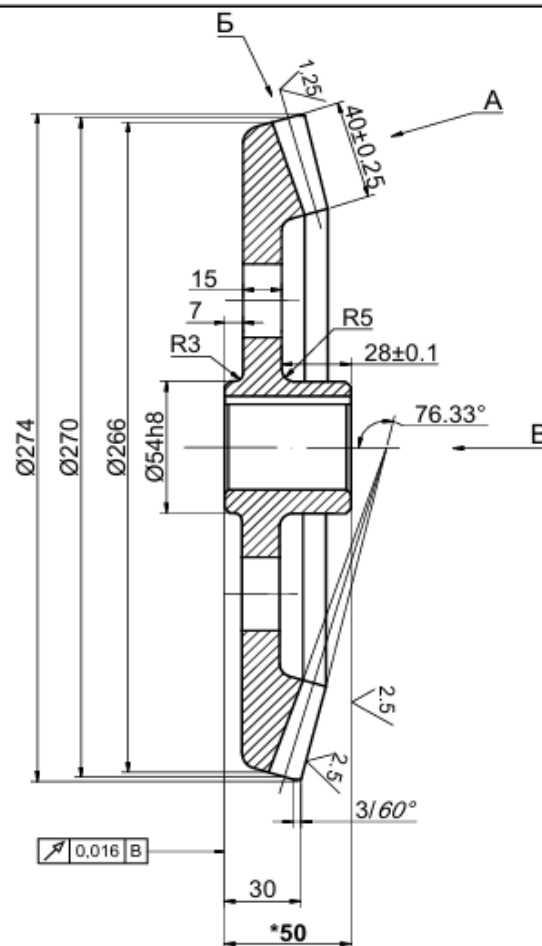
Зміст операції:

Протягнути шпоночний паз 14Р7 витримуючи розмір $38.4^{+0.1}_{0.0}$

2.5
(∇)



Горизонтально протягувальний верстат 7А534	0,08	10	0,15	0,95
Назва і модель верстата	Sz, мм/зуб	V, м/хв	T _о , хв	T _{шт} , хв
	Режими різання		Норми часу	
MI 131.00.1/Б 102/с 013 07 КН				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
Робот	Літв А.О.			
Пром.	Яковський В.А.			
Т. констр.				
Н. констр.				
Узм.				
Карта наладки на горизонтально-протягувальну операцію 020		Лит.		
		Маса		
		Месцет		
		Лист 1	Листів 1	
		Державний університет «Хмельницький політехнік» ГМ-142		

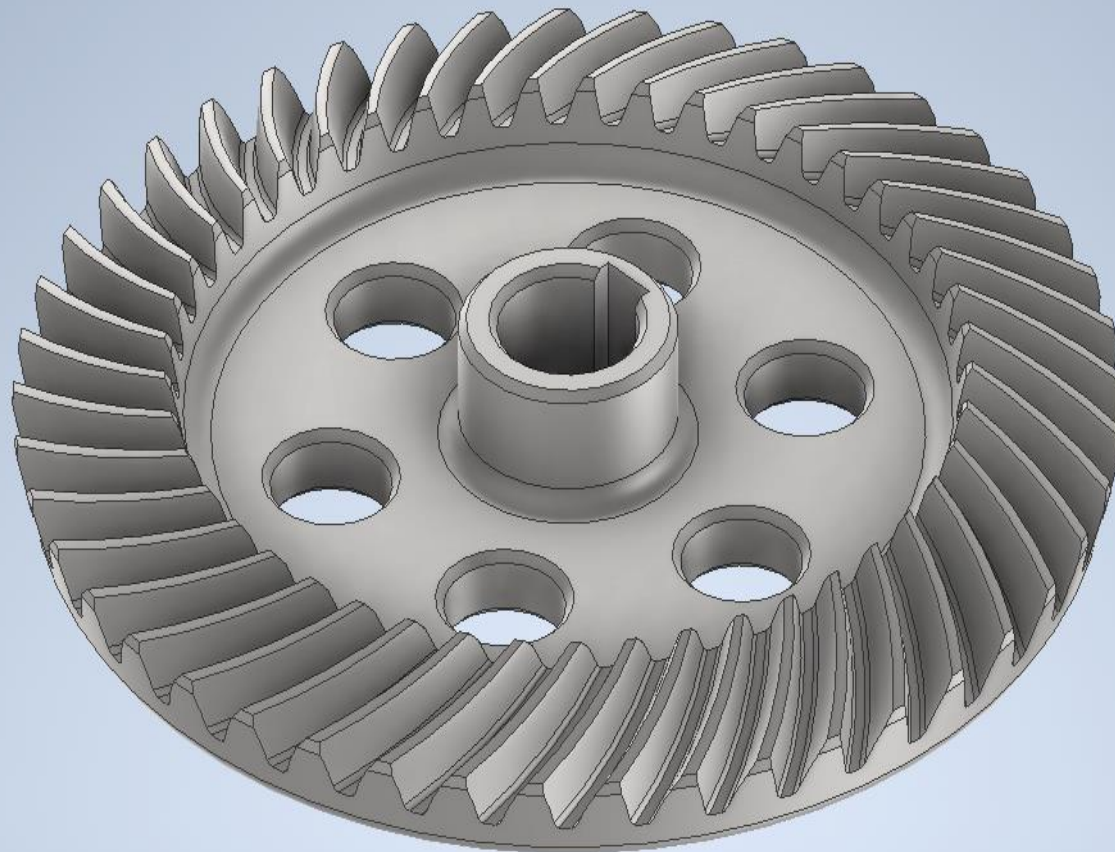


Модуль зубця	m	6 мм
Ширина зубця	b	40 мм
Кількість зубців	z	45
Тип зубця	-	Круговий
Кут нахилу боку зубця	β	35°
Напрявлення лінії зубця	-	Ліве
Кут зачеплення зубця	α	20°
Конусний кут зубця	δ	73.886°
Зовнішній кут зубця	δ_e	70.953°
Внутрішній конусний кут зубця	δ_i	76.33°

1. *Розміри для довідок;
2. Нітроцементувати зубці колеса 0,4...0,6 мм і HRC 56...60;
3. H14, h14, $\pm 0,5$ IT14;
4. Маркувати колеса одним порядковим номером з вказаними позначеннями і відхиленнями дійсного розміру від нормального.

						MI 131.00.1/Б 102/с 013 01			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Конічне колесо з круговим зубом	Лит.		Маса	Масштаб
Розроб.	Лісін А.О.					н		12,58	1:2
Пров.	Яновський В.А.					Лист 1		Листів 1	
Г. контр.						Державний університет «Житомирська політехніка» ПМ - 142			
Н. контр.					Сталь 35Х				
Утв.									

3D-модель конічного колеса з кругови зубом



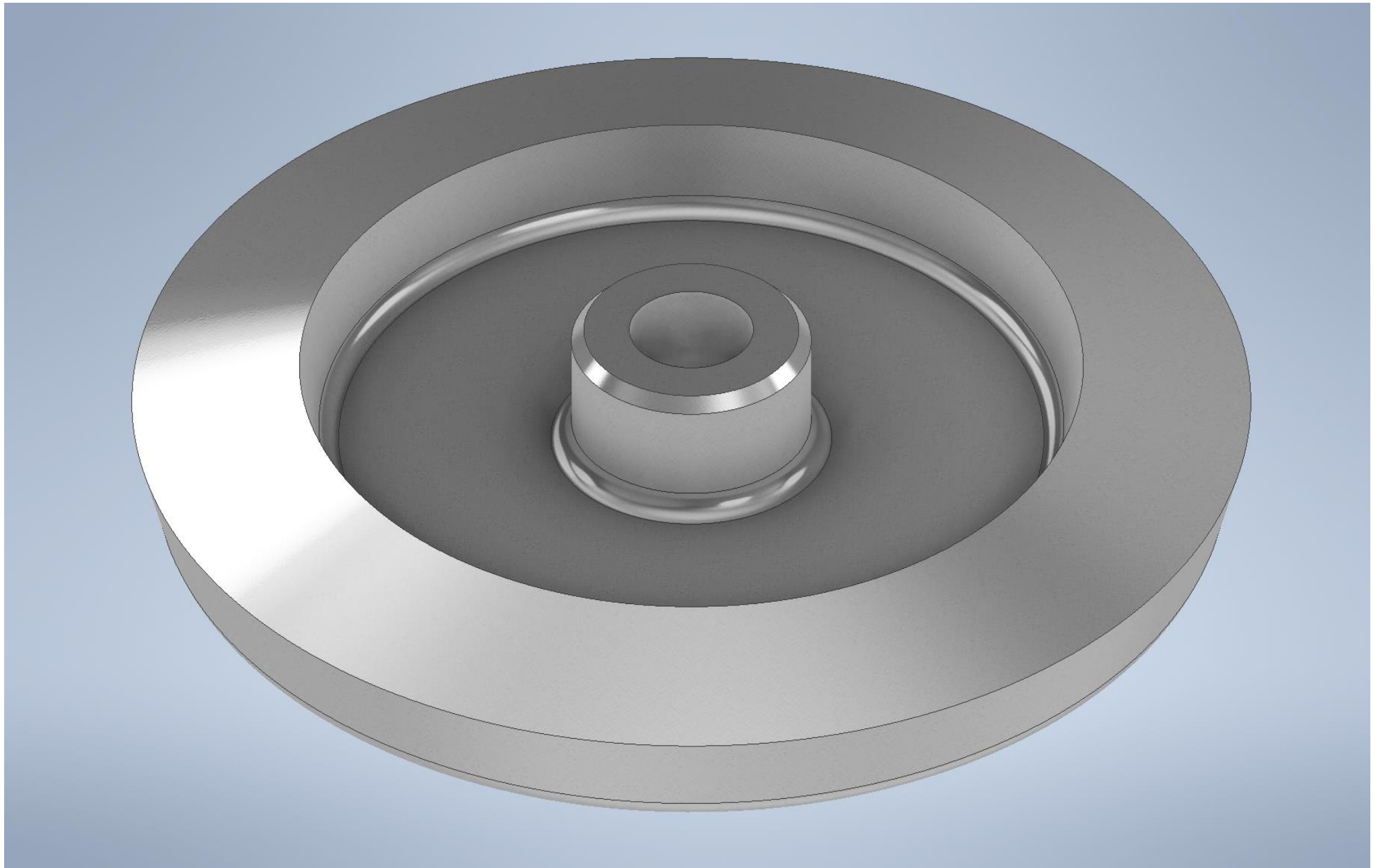
Лист	№ документа	Підпис	Дата	Зам.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис / дата	Справа. №	Перв. примірник №	MI 131.00.1/Б 102/с 013 02

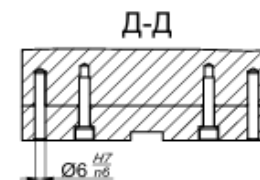
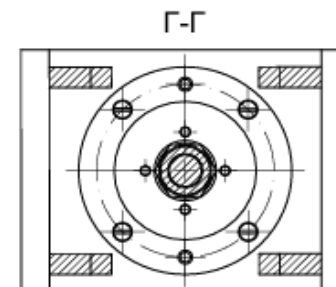
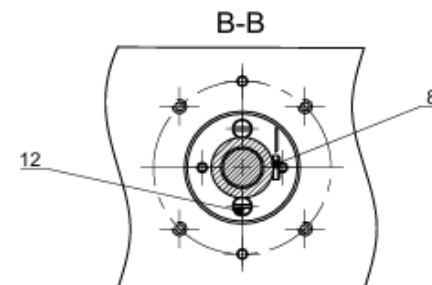
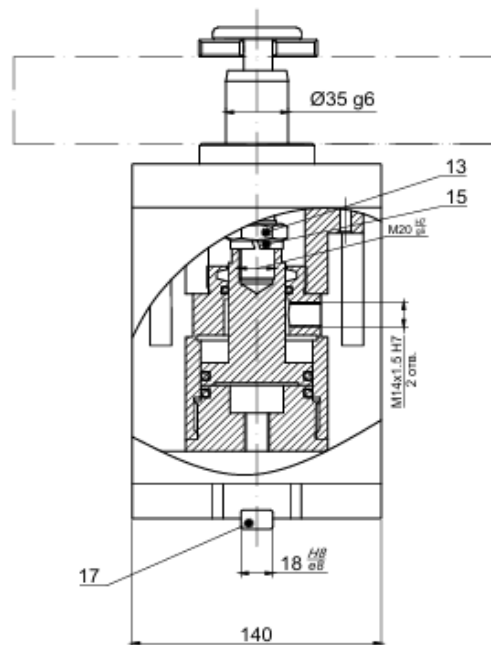
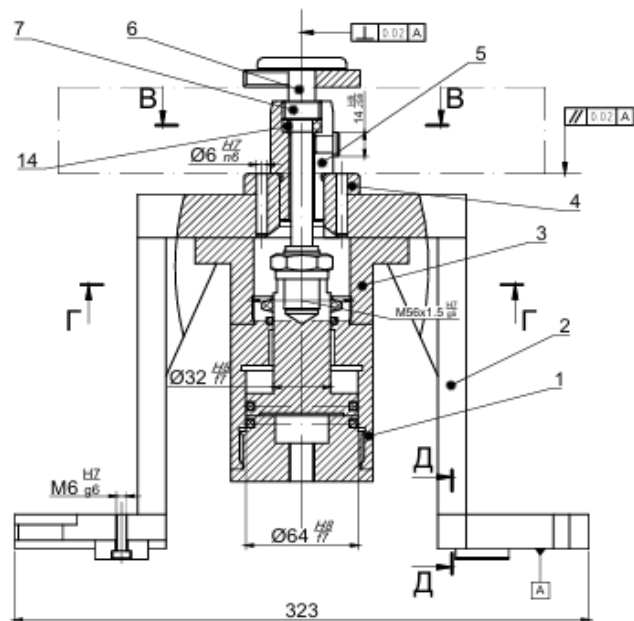
1. Невказані граничні відхилення розмірів - по 14 квалітету;
2. Радіус заокруглення зовнішніх кутів - 3,0 мм;
3. Допустима величина залишкового облою - 0,75 мм;
4. Допустима відхилення від концентричності Пробитого отвору відносно зовнішнього контура - до 0,5 мм;
5. Допустима величина зміщення по поверхні роз'єму штамп - до 0,5 мм.
6. Допустима глибина зовнішніх дефектів до 0,25 мм фактичного припуску.

MI 131.00.1/Б 102/с 013 02									
Заготовка штамповка						Лист	Маса	Масштаб	
						1	17,69	1:1	
Сталь 35Х						Державний університет «Житомирська політехніка»			

Копіював
Формат А3

3D-модель заготовки





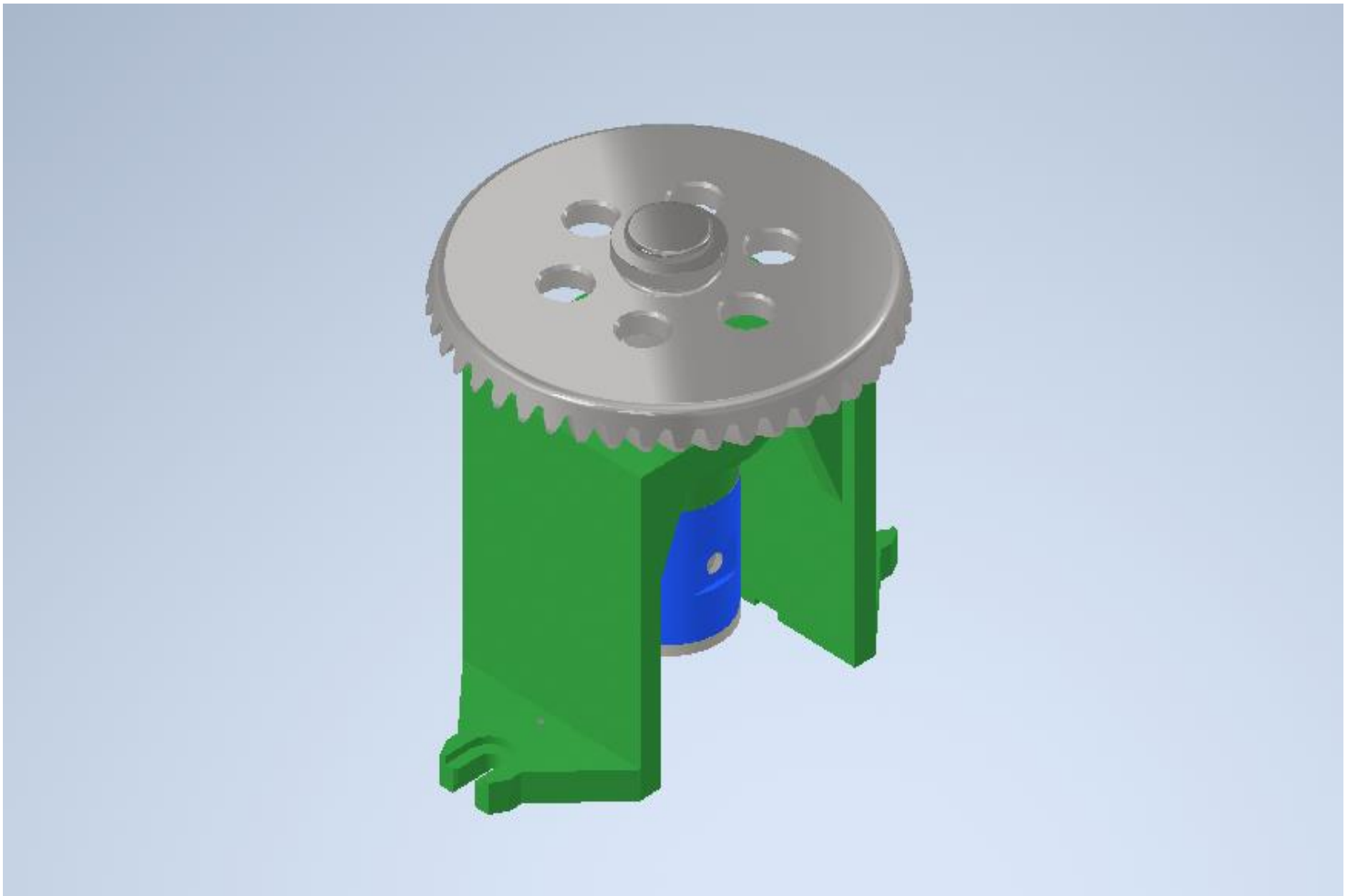
1. *Розміри для довідок;
2. Робочий тиск у пневмомережі - 10 МПа;
3. Зусилля затиску $W = 14302 \text{ Н}$;
4. Хід поршня $L = 16 \text{ мм}$;
5. Необроблені поверхні пофарбувати у колір верстата;
6. Перед складанням перевірити плавність ходу циліндра.

MI 131.00.1/Б 102/с 013 04 СК					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Лист
Робот	Лист А.О.				17,26
Проєкт	Високий В.А.				1:2
Т. конструктор					Лист 1
Н. конструктор					Лист 1
Урок					Державний університет «Житомирська політехніка» ПМ-142

Копіювало

Формат А2

3D-модель пристрою для свердлування



Специфікація чотреступінчастого редуктора

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість арк.	Примітка
			<u>Документація</u>			
A4		1	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 03 СК	Складальне креслення	1	
			<u>Збіркові одиниці</u>			
Б4		1	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 11	Перший вал з конічним -	1	
Б4				зубчастим колесом (z1)	1	
Б4		2	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 12	Другий вал	1	
Б4		3	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 13	Третій вал	1	
Б4		4	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 14	Четвертий вал	1	
Б4		5	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 01	Конічне колесо – ведене (z2)	1	
Б4		6	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 15	Циліндрична шестерня – ведуча (z3)	1	
Б4		7	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 16	Циліндрична шестерня – ведена (z4)	1	
Б4		8	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 17	Циліндричне колесо– ведуче (z5)	1	
Б4		9	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 18	Циліндричне колесо – ведене (z6)	1	
Б4		10	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 19	Зірочка (ланцюгова)		
Б4		11	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 20	Кришка – 1	1	
Б4		12	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 21	Кришка – 2	1	
Б4		13	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 22	Кришка – 3	1	
Б4		14	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 23	Кришка – 4	1	
Б4		15	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 24	Кришка – 4 (вихід вала)	1	
Б4		16	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 25	Рукав – 1	1	
Б4		17	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 26	Рукав – 2	1	
Б4		18	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 27	Рукав – 3	1	
Б4		19	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 28	Рукав – 4	1	
Б4		20	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 29	Рукав – 4 (вихід вала)	1	
Б4		21	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 30	Прокладака рукава	1	

БЧ		22	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 31	Манжет – перший вал	1	
БЧ		23	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 32	Манжет – четвертий вал	1	
БЧ		24	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 33	Осьовий кульковий підшипник	1	
			МІ 131.00.1/Б 102/с 013 34	(однорядний)		
БЧ		25	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 35	Осьовий кульковий підшипник	1	
				(однорядний)		
БЧ		26	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 36	Осьовий кульковий підшипник	1	
				(однорядний)		
БЧ		27	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 37	Осьовий кульковий підшипник	1	
				(однорядний)		
БЧ		28	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 38	Осьовий конічний підшипник	1	
				(однорядний)		
БЧ		29	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 39	Осьовий конічний підшипник	1	
				(однорядний)		
БЧ		30	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 40	Кульковий підшипник	1	
				(дворядний, закритий тип)		
БЧ		43	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 41	Шпонка	3	
БЧ		44	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 42	Шпонка з нахилом	2	
БЧ		45	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 43	Шпонка підвищеної міцності	3	
БЧ		46	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 44	Ковзний підшипник Ø70×45	2	
БЧ		54	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 45	Зливна пробка – М10×1 L = 15	1	
БЧ		55	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 46	Перевірочна пробка	1	
БЧ		56	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 47	Щуп (щуп-перевірка рівня масла)	1	
БЧ		58	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 48	Проставочне кільце		
БЧ		59	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 49	Корпус	1	
БЧ		60	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 50	Кришка корпусу	1	
БЧ		61	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 51	Віконце редуктора	1	
БЧ		62	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 52	Фіксуєчий штифт		

			<i>Стандартні вироби</i>		
		31	Гайка – М6	2	
		32	Гайка – М5	1	
		33	Гайка – М4	1	
		34	Шайба – М6	2	
		35	Шайба – М5	1	
		36	Шайба – М4	1	
		37	Сегерне кільце Ø62	1	
		38	Сегерне кільце Ø25	2	
		39	Сегерне кільце Ø35	1	
		40	Сегерне кільце Ø55	1	
		41	Гвинт заглиблений – М4×8	2	
		42	Болт – М8×20	28	
		47	Шайба – М8	29	
		48	Болт – М10×90	12	
		49	Шайба – М10	20	
		50	Шайба стопорна – М10	20	
		51	Болт – М10×80	4	
		52	Гайка – М10	20	
		57	Гвинт з низькою плоскою головкою –	12	
			М6×14		

Специфікація спеціального пристрою для свердування 6 отв. Ø30Н14

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість арк.	Примітка
			<u>Документація</u>			
A4		1	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 04 СК	Складальне креслення	1	
			<u>Збіркові одиниці</u>			
Б4		1	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 53	Гідроциліндр 7021-0156	1	
Б4		2	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 54	Корпус	1	
Б4		3	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 55	Перехідний фланець	1	
Б4		4	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 56	Шайба установочна	1	
Б4		5	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 57	Палець установочний	1	
Б4		6	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 58	Тяга	1	
Б4		7	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 59	Гайка	1	
Б4		8	МІ 131.00.1/Б 102/с 013 60	Шпонка	1	
					1	
			<u>Стандартні вироби</u>		1	
				Гвинт М6×20	2	
				Гвинт М6×30	6	
				Гайка М20	1	
				Кільце 22×32	1	
				Шайба 20	1	
				Шайба 7019-0497	1	
				Шайба 7031-0607	2	