

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Кафедра механічної інженерії

«На правах рукопису»

УДК 621.9

«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 деталі
«Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ**

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00 - ПЗ

Студент групи

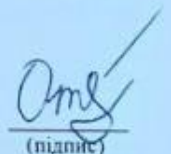
ЗПМК-23
(шифр групи)

Ляшук Дмитро Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Науковий керівник

Отamanський Валентин Владиславович
(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)


(підпис)

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



(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Ляшука Дмитра Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ».

Керівник роботи: Отаманський Валентин Владиславович

Затверджена наказом по університету від «20» 03 2025 р. № 102/с

2. Строк подання студентом роботи: 9 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Фланець» ведучої шестерні заднього моста автомобіля КрАЗ, річна програма випуску деталі N=2000 штук, технічні та наукові літературні джерела в напрямку виготовлення деталей «Фланець», інформаційні матеріали по САПР тощо.

4. Перелік завдань, які потрібно вирішити: аналітично дослідити функціональне призначення фланців у вузлах трансмісії автомобіля, вимоги до геометричної точності, шорсткості та матеріалів; побудовано тривимірну модель фланця у CAD-системі та оформити робоче креслення деталі; виконати аналітичний огляд літературних джерел, наукових публікацій, стандартів та патентних джерел і патентної інформації щодо сучасних способів виготовлення деталей типу «Фланець»; провести порівняльний аналіз методів отримання

заготовок, та прийняти найбільш доцільний для середньосерійного виробництва; розробити технологічний маршрут лезової обробки деталі з підбором технологічного обладнання, різальних та допоміжних інструментів, а також розрахунком припусків під переходи та режимів різання для найбільш відповідальних поверхонь; спроектувати різальний інструмент для виконання протяжної операції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Опис вузла до якого входить деталь «фланець» – 1-2 арк. презентації; 2. Тривимірна модель деталі – 1 арк. презентації; 3. Робоче креслення деталі – 1 арк. А3; 4. Аналітичний огляд у напрямку конструювання та виготовлення деталей «фланець» – 1-2 арк. презентації; 5. Характеристики матеріалу та обґрунтування методу отримання заготовки – 1 арк. презентації; 6. Креслення заготовки – 1 арк. А3; 7. Опис технологічного процесу виготовлення деталі «фланець» – 2-3 арк. презентації; 8. Карти наладок на технологічні операції – 2 арк. А2; 9. Конструювання різального інструменту для виконання протяжної операції – 1-2 арк. презентації; 10. Креслення різальної протяжки – 1 арк. А1; 11. Висновки по роботі – 1 арк. презентації.

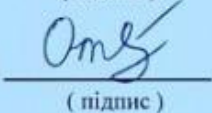
6. Дата видачі завдання 12 03 2025 року.

Студент


(підпис)

Ляшук Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Отаманський В.В.
(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

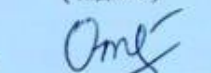
№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання загально-технічного розділу	15.03.2025	
2.	Виконання технологічного розділу	31.03.2025	
3.	Виконання конструкторського розділу	15.04.2025	
3.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	06.05.2025	
4.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	23.05.2025	
5.	Передзахист кваліфікаційної роботи	30.05.2025	
6.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	10.06.2025	
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	згідно графіку захистів	

Студент


(підпис)

Ляшук Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Отаманський В.В.
(прізвище та ініціали)

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
			<u>Документація</u>				
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Пояснювальна записка	61		
			<u>Конструкторська документація</u>				
A3			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 01-КД	Фланець	1		
A4			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 02-КЗ	Заготовка (Штамповка)	1		
A2			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 05-КІ	Протяжка шліцьова D-10x4.7x55H7x9F9	1		
			<u>Технологічна документація</u>				
A1			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 03-КН	Карта наладки на операцію 005	1		
A2			МІ 131.00.1/Б 102/с 062 04-КН	Карта наладки на операцію 015	1		
			<u>МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ВР</u>				
Зн	Арх	№ джм	Розр.	Дата	Лист	Лист	Листов
Розроб.	Ляшук Д.В.					1	1
Перевір.	Отаманський В.В.						
Нконтр.							
Затверд.	Мельник О.Л.						
Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи					Державний університет «Житомирська політехніка», група ЗПК-23		

АНОТАЦІЯ

Ляшук Д.В. **Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ – Рукопис.**

Бакалаврська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр», галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП “Високотехнологічний комп’ютерний інжиніринг”) – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 61 аркушів формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 16 рисунків, 9 таблиць та список літератури з 27 джерел.

До конструкторської документації додано робоче креслення деталі «Фланець» формату А3, креслення заготовки на форматі А4, креслення протяжки на форматі А1.

До технологічної документації додано карти наладок на токарну операцію 005, свердлильну операцію 015.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто деталь «Фланець» ведучої шестерні заднього моста автомобіля КрАЗ, а саме: вимоги, які пред’являються до деталей даного типу, технологію виготовлення деталі з визначенням програми випуску деталі, обґрунтуванням типу заготовки та методу її отримання, припусків на обробку, металорізального обладнання, різального та допоміжного інструменту. Розраховані режими різання та час на обробку деталі.

Виконано проектування різальної протяжки для обробки шліцьового отвору. Обрано тип та розміри хвостових частин, проведено розрахунок припусків на кожен її частину та їхні геометричні параметри. За результатами розрахунків побудовано тривимірну модель протяжки та оформлено її креслення.

Ключові слова: фланець, технологія виготовлення, протяжка.

ANNOTATION

Liashuk D.V. **Design and technological preparation for manufacturing the 'Flange' of the propeller shaft mounting of the KrAZ vehicle.** – Manuscript.

The bachelor's qualification work is submitted for the Bachelor's degree, field of knowledge 13 «Mechanical engineering» of specialty 131 «Applied mechanics» (Educational program " High-tech computer engineering "). – Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, 2025.

The qualification paper contains 61 A4 format pages of explanatory note, including 16 illustrations, 9 tables and reference list of 27 sources.

The design documentation includes a working drawing of the "Flange" part in A3 format, a blank drawing in A4 format, and a broach drawing in A1 format.

The technological documentation includes setup cards for turning operation 005 and drilling operation 015.

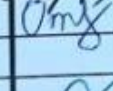
The bachelor's qualification work examines the "Flange" part of the drive gear of the rear axle of the KrAZ vehicle, specifically: the requirements for parts of this type, the manufacturing technology of the part with the determination of the production program, justification of the blank type and its production method, machining allowances, machine tools, cutting and auxiliary tools. Cutting parameters and machining time for the part were calculated.

The design of a cutting broach for machining the internal spline hole was carried out. The type and dimensions of the shank sections were selected, allowances for each section and their geometric parameters were calculated. Based on the calculations, a 3D model of the broach was created and a technical drawing was prepared.

Keywords: flange, manufacturing technology, broach.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1. Загальний опис деталей типу «Фланці».....	10
1.2. Опис вузла ведучої шестерні заднього моста.....	11
1.3. Побудова 3D моделі деталі та виконання 2D документації.....	13
1.4. Літературний огляд в напрямку конструювання та виготовлення деталі «Фланець» кріплення карданного валу.....	14
1.5. Висновки до першого розділу.....	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі.....	20
2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	21
2.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	25
2.4. Огляд технічної інформації про технології обробки аналогічних деталей.....	27
2.5. Вибір типу заготовки, обґрунтування методу її виготовлення, розрахунок загальних припусків та розмірів вихідної заготовки.....	28
2.6. Розрахунок міжопераційного припуску для поверхні $\varnothing 75\ h11$	32
2.7. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу.....	36
2.8. Розрахунок режимів різання.....	40
2.8.1. Операція 005 – токарна з ЧПК.....	40
2.8.2. Операція 015 – свердлильна.....	44
2.9. Висновки до другого розділу.....	47

МІ 13100.1/Б 102/с 062 00-ПЗ				
Зн	Арх	№ докум	Підп	Дата
Розроб		Ляшук Д.В.		
Перевір		Отманський В.В.		
Нконтр				
Затверд		Мельник О.Л.		

ЗМІСТ

Лит	Лист	Листов
	7	61

Державний університет
 «Житомирська політехніка»,
 група ЗПМК-23

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	48
3.1. Обґрунтування проектування різальної протяжки для обробки шліців	48
3.2. Розрахунок параметрів шліцьової протяжки.....	48
3.3. Побудова тривимірної моделі протяжки.....	56
3.4. Висновки до третього розділу.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
ЛІТЕРАТУРА.....	59

ВСТУП

Сучасне машинобудування є основою промислового потенціалу будь-якої розвиненої держави. Від його рівня розвитку значною мірою залежать інші галузі економіки, зокрема транспорт, енергетика, сільське господарство та оборонна промисловість. Одним із ключових напрямів машинобудування є виробництво деталей, що забезпечують надійність та довговічність вузлів механізмів.

Фланцеві з'єднання широко застосовуються в машинобудуванні завдяки своїй простоті, надійності та універсальності. Вони забезпечують точне взаємне положення елементів, можливість їх розбирання та повторного збирання, а також ефективну передачу крутного моменту. Деталі типу «фланець» можуть виконувати функції з'єднувальних елементів у трансмісії, редукторах, приводах та інших механізмах.

Виготовлення фланців вимагає високої точності та відповідності геометричних параметрів заданим технічним вимогам, оскільки від цього залежить якість збирання і подальша експлуатація агрегату. Процес проектування та виготовлення таких деталей включає визначення оптимальної форми заготовки, обґрунтування методів механічної та термічної обробки, а також вибір відповідного обладнання та інструменту.

Умови експлуатації фланцевих деталей часто пов'язані зі значними навантаженнями, вібраціями та зношуванням, що висуває додаткові вимоги до вибору матеріалу та режимів обробки. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання ефективних методів обробки, таких як штампування, точіння, розточування, свердління, тощо.

Таким чином, питання конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталей типу «фланець» є надзвичайно важливим для забезпечення ефективного та конкурентоспроможного виробництва в умовах сучасного машинобудівного підприємства.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальний опис деталей типу «Фланці»

Фланець – це плоске кільце або диск з рівномірно розташованими отворами для болтів чи шпильок, який використовується для міцного з'єднання валів у муфтах фланцевого типу [1]. Фланці забезпечують рознімне, міцне з'єднання, що дозволяє легко монтувати, демонтувати та обслуговувати вузли машин і механізмів.

Фланець кріплення карданного валу – це спеціалізований тип фланця, який служить для з'єднання карданного валу з іншими елементами трансмісії (наприклад, з редуктором або ведучим мостом). Карданний вал передає крутний момент між вузлами, осі яких не співпадають і можуть змінювати своє положення під час роботи [2].

Для виготовлення фланців карданного валу зазвичай використовують сталі, оскільки ці деталі експлуатуються в умовах значних динамічних навантажень і повинні забезпечувати високу надійність та тривалий термін служби з'єднання [2]. Найпоширенішими матеріалами для цього є:

– Вуглецева сталь – забезпечує достатню міцність, зносостійкість і відносно невисоку вартість. Прикладами марок є сталь 20, 20А, 09Г2С тощо [1].

– Легована сталь – використовується для підвищення міцності, в'язкості та стійкості до зносу, особливо у важких умовах експлуатації. Можуть застосовуватися сталі з додаванням хрому, молібдену, нікелю (наприклад, 15ХМ, 13ХФА, 15ГС) [1, 3].

– Нержавіюча сталь – використовується рідше, переважно для спеціальних умов, де потрібна корозійна стійкість [1, 3].

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фланці карданного валу найчастіше виготовляють методом кування, що забезпечує високу щільність матеріалу та покращені механічні властивості. У деяких випадках застосовують лиття або механічну обробку з прокатних сталевих заготовок, однак такі варіанти менш поширені через нижчу міцність і надійність деталей. Ковані фланці відзначаються підвищеною втомною міцністю, кращою ударною в'язкістю та тривалішим ресурсом експлуатації порівняно з литими аналогами, що робить їх оптимальним вибором для вузлів, які працюють під впливом значних змінних навантажень [3, 4].

1.2. Опис вузла ведучої шестерні заднього моста

Деталь «Фланець» кріплення карданного валу (рис. 1) входить до вузла ведучої шестерні заднього моста (рис. 2) автомобіля КрАЗ 260 та інших моделей, які досі можна зустріти на автомобільних шляхах, в тому числі і моделей, що випускаються по сьогоднішній день.



Рис. 1. Фланець кріплення карданного валу [5]

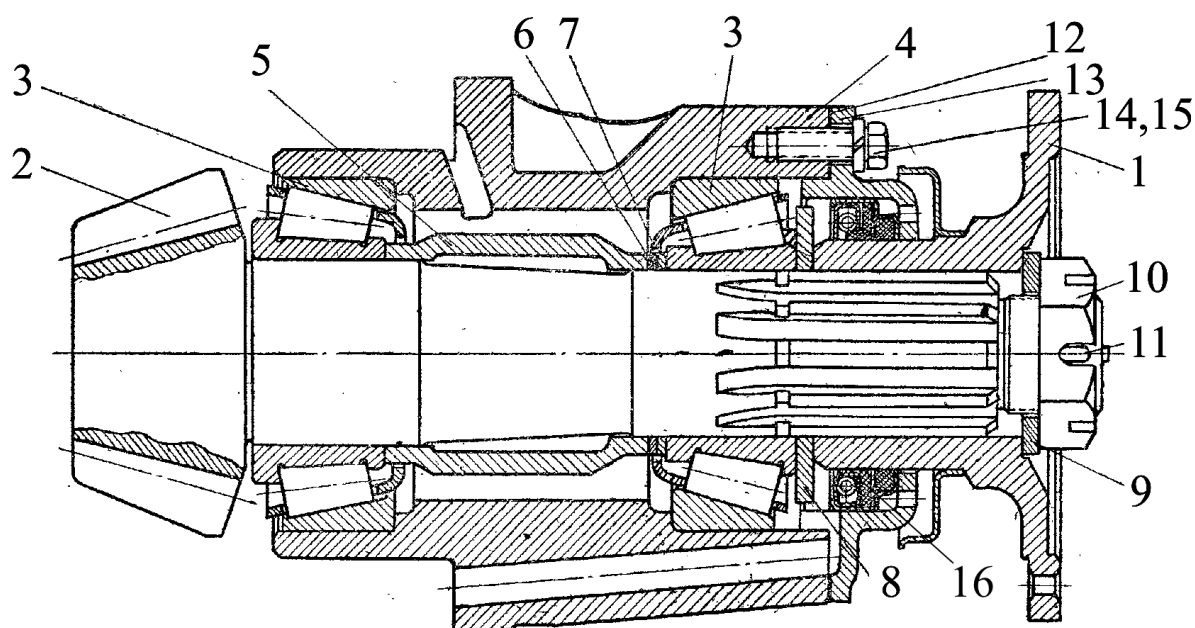


Рис. 2. Вузол ведучої шестерні заднього моста [6]

Ведуча шестерня 2 (рис. 2) заднього моста є ключовим елементом головної передачі та виконує функцію передавання крутного моменту від фланцю 1, до якого кріпиться карданний вал, до веденого зубчастого колеса (корони) диференціала. Вона встановлюється в картері 4 моста за допомогою підшипникового вузла 3 та взаємодіє з конічною або гіпоїдною передачею, в залежності від конструкції трансмісії [7, 8].

Регулювання зазору у підшипниках 3 здійснюється за допомогою набору регулювальних шайб 6 та контрольованим моментом затягування гайки 10, яка після затягування фіксується шплінтом 11. Неправильне регулювання зазору або зношення підшипників призводить до підвищеного шуму, вібрацій і передчасного виходу вузла з ладу.

Також для запобігання витoku мастила в конструкції передбачено ущільнення у вигляді манжети 16, яка контактує з фланцем 1.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

12

1.3. Побудова 3D моделі деталі та виконання 2D документації

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка технологічного маршруту виготовлення деталі «Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ 260.

На основі заводських креслень побудовано 3D модель деталі «Фланець» (рис. 3) у програмному забезпеченні Solidworks.

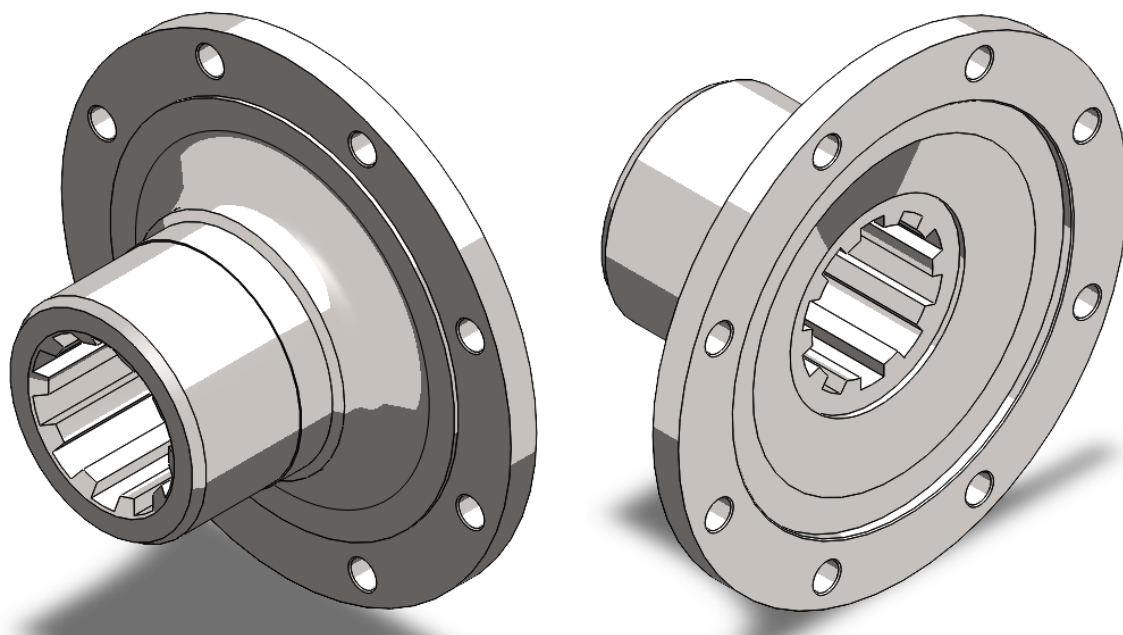


Рис. 3. Побудована 3D модель деталі «Фланець»

На основі побудованої 3D моделі проведемо оформлення робочого креслення (рис. 4) на основі якого в подальшому будемо розробляти технологічний маршрут її виготовлення.

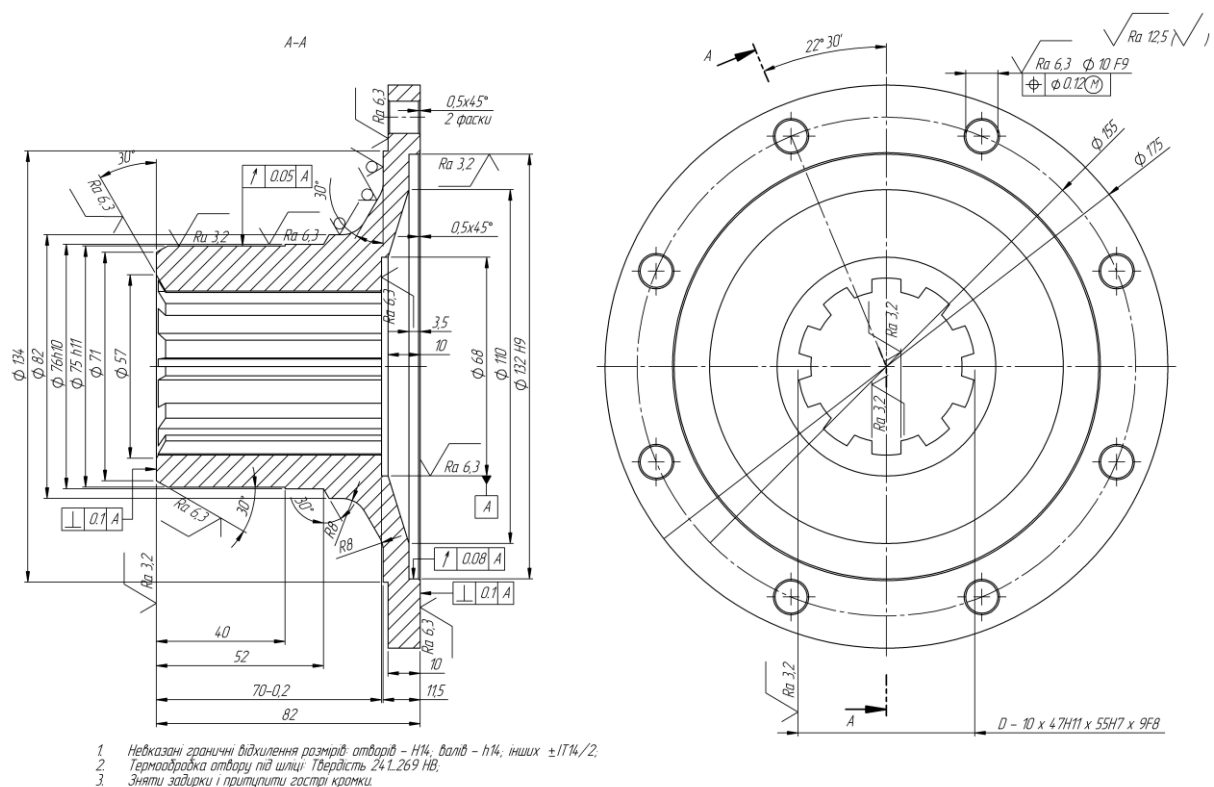


Рис. 4. Робоче креслення деталі «Фланець»

1.4. Літературний огляд в напрямку конструювання та виготовлення деталі «Фланець» кріплення карданного валу

Конструкторські аспекти фланців розглядаються в контексті розрахунків на міцність, підбору з'єднань (болтових, шліцьових, шпонкових), а також вибору посадок і допусків згідно стандарту ДСТУ ISO 286-1:2006. Визначення розмірів отворів та товщини стінки фланця базується на розрахунковому крутному моменті, що передається вузлом.

Поряд з цим при остаточному прийнятті розмірів всіх конструктивних елементів проводять моделювання та оптимізацію конструкції фланців із застосуванням методів комп'ютерного моделювання (CAD/CAE), що дозволяє скоротити цикл проєктування та підвищити якість готової продукції [9].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

14

Слід зазначити, що існують стандарти, які регламентують типи, основні параметри та розміри фланцевих з'єднань – ДСТУ 28919:2005.

У роботі [12] розглядається питання підвищення довговічності карданних валів. Автори зазначають, що карданні вали з фланцями вантажних автомобілів працюють під великими навантаженнями і в специфічних умовах роботи, що відображується на конструкції самого фланця. Важливою складовою є також правильне встановлення підшипників і ущільнень у вузлі фланця для забезпечення довговічності і безперебійної роботи карданної передачі.

У [7] значну увагу приділено питанням матеріального вибору для фланців, зокрема використанню конструкційних і легованих сталей (типу 40Х, 45, 20ХГТ), що забезпечують необхідний запас міцності й в'язкість. Також зазначено, що широко застосовується термічна обробка (гартування, цементація, нормалізація) для підвищення зносостійкості контактних поверхонь та різьбових з'єднань.

Щодо технологій виготовлення, джерела [10, 11] вказують на переваги кування як основного способу формування заготовки фланця завдяки отриманню волокнистої структури металу, що сприяє підвищенню експлуатаційної надійності. Для масового виробництва можливе також застосування штампування. Фінішна механічна обробка включає токарну, свердлильну та фрезерну обробку з точним дотриманням допусків і шорсткості.

При виконанні токарної операції проводять обробку зовнішнього діаметра фланця, посадкових поверхонь, буртів та центрувальних поясків. Також уваг сіл приділяти обробці торцевих поверхонь, які можуть мати вимоги до шорсткості $Ra \leq 1,6 \dots 3,2$ мкм на поверхнях контакту з іншими деталями вузла та перпендикулярності відносно вісі деталі. Рекомендується

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

використовувати жорстку систему кріплення заготовки, інструмент зі стійкими пластинами (T15K6, BK8 або сучасні CBN/PCBN сплави) [10, 11].

Обробка шліцьових з'єднань вимагає дотримання точності отворів за 7 квалітетом, а також співвісності по відношенню до приєднувальних centruючих поверхонь. Контролю биття центрувальної поверхні — обмежується зазвичай 0,03–0,05 мм.

При обробці фланців з фіксованими координатами отворів під болти застосовують координатно-розточувальні верстати або обробку на оброблювальних центрах (CNC).

Контроль включає перевірку: точності розмірів посадкових та centruючих поверхонь; твердості матеріалу (особливо після термообробки); шорсткості поверхонь (R_a та R_z); дефектів структури (при необхідності — УЗК або МК).

Патентний огляд показав, що велика кількість заявок присвячена різним методам штампування фланцевих деталей.

Так у патенті UA 31542 [13] пропонують спосіб виготовлення фланців методом холодного об'ємного штампування, суть якого у виготовленні фланців за один етап осадки, в якості заготовки використовується заготовка типу тор.

На рисунку 5 зображено штамп для здійснення запропонованого способу холодного об'ємного штампування фланців. Спосіб реалізується наступним чином: довжину прутка та діаметр прутка розраховують виходячи з властивості постійності об'єму. Заготовку отримують з прутка різкою в закритих штампах, на першій операції в штампі для гнуття виготовляють заготовку-тор, на другій операції осаджують фланець.

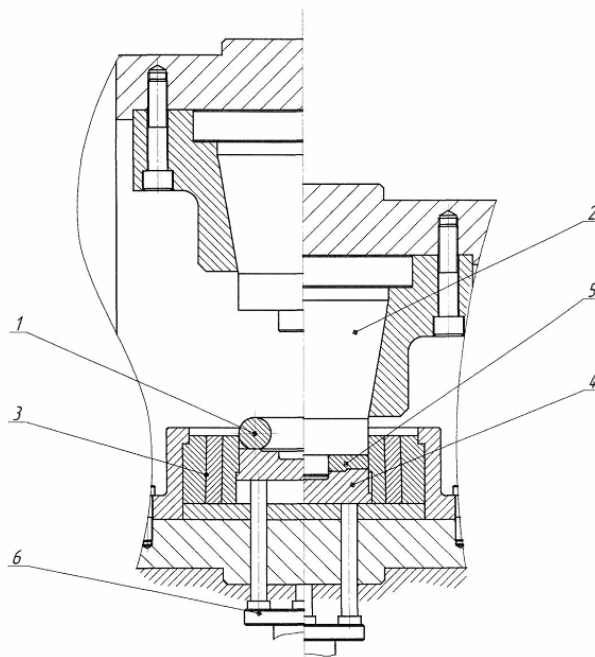


Рис. 5. Патент UA 31542 – спосіб виготовлення фланців [13]

У патенті на корисну модель UA 104817 [14] пропонують проводити видавлювання металу в робочу порожнину матриці в дві стадії: на першій стадії виконують висаджування заготовки за рахунок наближення напівматриць та деформування частини заготовки, розташованої між напівматрицями (рис. 5, а), а на другій стадії виконують видавлювання з односторонньою подачею металу деформуванням частини заготовки, розташованої на одній стороні від радіальної порожнини матриці (рис. 5, б), при цьому величина подачі на другій стадії не перевищує як правило 0,3 обсягу фланця.

По запропонованому способу виготовлення деталей з фланцем на початковій стадії фланець формують висадженням шляхом зближення напівматриць до набору в радіальну порожнину матриці об'єму металу не менше, ніж 70 % від необхідного об'єму фланця, а потім формоутворюють решту фланця шляхом радіального видавлювання з односторонньою подачею, що здійснюється переміщенням пуансона та заповненням порожнини сталої висоти між напівматрицями.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

17

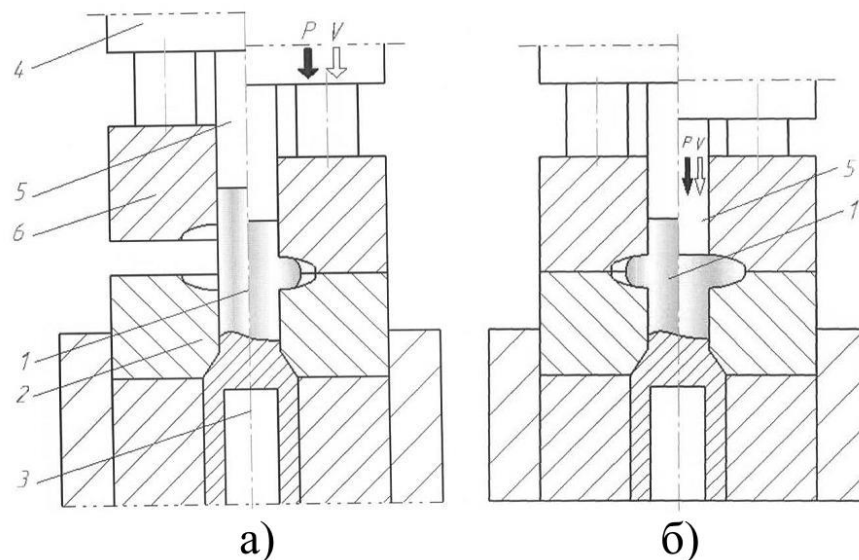


Рис. 5. Патент UA 104817 – спосіб виготовлення деталей з фланцем [14]

Така послідовність деформування дозволяє забезпечити раціональну ступінь деформування та зміцнення металу розташованого в перехідній найбільш навантаженій частині деталі, а саме у зоні переходу від фланця до стрижня деталі. Побудовано 3D модель деталі та оформлено робоче креслення.

Патент UA 116545 пропонує проводити штампування з попереднім редукуванням у верхній півматриці (заготівку обтискають по зовнішньому діаметру). При цьому деформуванню підлягають одночасно дві заготівки, а виштовхування готової деталі відбувається під впливом наступної заготівки. Так як при редукуванні виникають сили, які спрямовані проти сил розкриття, це дозволяє знизити сили розкриття роз'ємної матриці (двох півматриць).

При обтисненні заготівки створюється сприятлива схема напружено-деформованого стану, а саме всебічне стиснення, що підвищує якість поверхневих шарів заготівки і пластичність металу, так як "заліковує" мікротріщини та дефекти поверхневого шару заготівки та сприяє кращій обробці металу у фланці на стадії радіального видавлювання. Підвищення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

тим самим граничної пластичності металу відбувається за рахунок знакозмінної деформації, що з'являється на послідовних стадіях редукування та наступного радіального видавлювання. За рахунок редукування стрижнева частина заготовки також зміцнюється, що сприяє підвищенню ступеня рівномірності та якості виробу.

1.5. Висновки до першого розділу

У першому розділі бакалаврської роботи розглянуто класифікацію та призначення деталей, що мають фланцеві елементи. Проаналізовано умови їхньої експлуатації, особливості конструкції та вимоги до геометричної точності. Описано вузол ведучої шестерні заднього моста автомобіля КраЗ, до складу якого входить фланцева деталь – елемент для з'єднання з карданним валом.

Побудовано тривимірну модель фланця, та оформлено робоче креслення деталі, на основі якого, у подальшому буде здійснено розробку технологічного процесу її виготовлення.

Проведено літературний огляд у напрямку конструювання та технології виготовлення деталі типу «фланець» для кріплення карданного валу. Розглянуто типові матеріали, що застосовуються у виробництві фланців, зокрема леговані та вуглецеві сталі з підвищеною міцністю. Наведено способи отримання заготовок – кування, штампування, лиття, а також проаналізовано характерні технологічні маршрути виготовлення з урахуванням термічної та механічної (лезової) обробки.

Патентний огляд засвідчив високу інженерну активність у напрямку вдосконалення процесів формоутворення фланцевих деталей, зокрема методів штампування.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Матеріал, з якого виготовлена фланець – Сталь 45. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу відповідно наведені у таблицях 1 та 2.

Сталь 45 – якісна конструкційна вуглецева сталь, яка широко затребувана в різних промислових галузях і масово застосовується в інжинірингу. Має широку сферу використання для виготовлення: вал-шестірень, колінчастих та розподільчих валів, шестерень, шпинделів, циліндрів, кулачків та інших деталей, які піддаються нормалізації, поверхневій термообробці, від яких потрібна підвищена міцність [16, 17].

Сталь 45 містить 0,42...0,5 % вуглецю, що сприяє підвищенню загальної міцності матеріалу [17].

Таблиця 1

Хімічний склад сталі 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,45 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3

Джерело: [16, 17]

Таблиця 2

Механічні та фізичні властивості сталі 45

Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	Термообр.	E, МПа	ρ , кг/м ³
Труби	588	323	14	-	-	$2 \cdot 10^{-5}$	7826
Прутки	590	355	14	40	Відпалювання	$2,01 \cdot 10^{-5}$	7799

Джерело: [17]

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Якісний аналіз технологічності

Деталь фланець для кріплення карданного валу є відповідальною деталлю силової передачі, яка призначена для забезпечення надійного з'єднання карданного валу з ведучою шестернею заднього моста. За своєю конструкцією фланець є тілом обертання, що позитивно впливає на його технологічність.

1. Конструктивна простота: Фланець має переважно циліндричну форму з фланцевим розширенням, отворами для кріплення $\varnothing 10F9$, а також центральний шліцьовий отвір D–10x47H11x55H7x9F9. Конструкція не містить складних поверхонь, важкодоступних для обробки зон чи підрізів, що дає змогу ефективно використовувати стандартні методи механічної обробки – токарну, свердлильну, фрезерну та шліфувальну операції.

2. Оброблюваність матеріалу: Деталь виготовляється за Сталі 45, що добре піддається різанню, термічній обробці та деформаційному зміцненню.

3. Технологія виготовлення заготовки: Як показав літературний огляд проведений у першому розділі, оптимальним способом отримання заготовки є гаряче кування або штампування. Ці методи забезпечують високу щільність структури металу та покращені механічні властивості. Заготовка має форму, наближену до кінцевої, що зменшує обсяг механічної обробки.

4. Умови базування та закріплення: Валоподібна форма деталі дозволяє легко здійснювати установку та базування на токарних верстатах за допомогою центрів або патронів. Це сприяє зручності обробки отвору, торця та зовнішніх поверхонь за одне встановлення, що зменшує похибки взаємного розташування поверхонь.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

5. Вимоги до точності та шорсткості: До шліцьового отвору під вал, посадкових поверхонь та торця пред'являються підвищені вимоги за точністю та шорсткістю, оскільки ці зони забезпечують посадку з іншими деталями з'єднання. Проте допуски є стандартними (6-7 квалітети) для машинобудування, що дозволяє використовувати звичайне універсальне обладнання та стандартний інструмент.

Отже, деталь «Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ є технологічною з точки зору як конструкції, так і вибору матеріалу. Вона не вимагає спеціалізованого обладнання чи дорогого інструменту, може виготовлятися серійно та в умовах одиничного виробництва.

Кількісний аналіз технологічності

Для проведення кількісного аналізу технологічності на рисунку 6 позначимо всі оброблювальні поверхні, та у таблиці 3 проведемо конструкторський аналіз деталі.

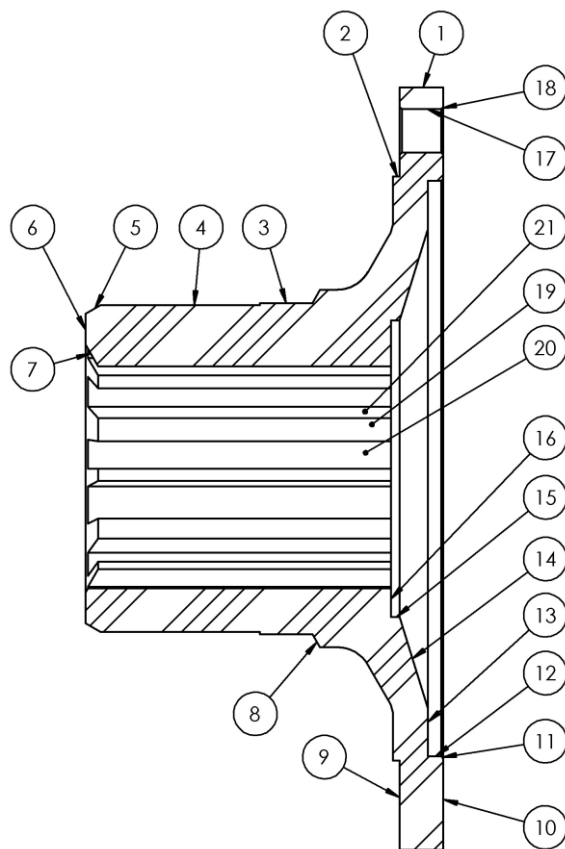


Рис. 6. Оброблювальні поверхні деталі фланець

Таблиця 3

Конструкторський аналіз деталі «Фланець»

Найменування поверхні	Номер оброблюваної поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності	Параметр шорсткості
Зовнішні діаметральні поверхні					
Ø175	1	1	1	14	12,5
Ø134	2	1	1	14	12,5
Ø76 h10	3	1	1	10	6,3
Ø75 h11	4	1	1	11	3,2
2x30°	5	1	1	14	6,3
3x30°	8	1	1	14	12,5
Внутрішні діаметральні поверхні					
Ø132 H9	12	1	1	9	3,2
Ø110 / Ø68	14	1	1	14	12,5
Ø68	15	1	1	14	6,3
Ø47 H11	19	1 (10)	1 (10)	11	12,5
Ø10 F9	17	8	8	9	6,3
Ø55 H7	20	1 (10)	0 (10)	7	3,2
5x30°	7	1	1	14	6,3
0,5x45°	11	1	1	14	12,5
0,5x45°	18	16	16	14	12,5
Лінійні розміри					
82	6	1	1	14	3,2
10	9	1	1	14	6,3
82	10	1	1	14	6,3
3,5	13	1	1	14	12,5
70 _{-0,2}	16	1	1	11	6,3
9 F8	21	2 (10)	0 (10)	8	3,2

Джерело: побудовано автором

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

1. До конструкції деталі повинні входити стандартні та уніфіковані елементи або вона повинна бути стандартною в цілому. Ця вимога оцінюється за коефіцієнтом уніфікації конструктивних елементів $K_{y.e.}$, який рекомендовано отримувати більше 0,6 і визначається за формулою [19]:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{18}{21} = 0,86$$

де: $Q_{y.e.}$ – число уніфікованих конструктивних типорозмірів елементів;

Q_e – число типорозмірів конструктивних елементів у виробі.

2. Заготовка для виготовлення деталі повинна мати геометричну форму, максимально наближену до конфігурації готового виробу. Витрата конструкційних матеріалів для виготовлення деталей характеризується коефіцієнтом використання матеріалу $K_{в.м.}$, який, для заготовок отриманих штамповкою або вільним куванням, має бути не менше 0,65...0,85, визначається за формулою [19]:

$$K_{в.м.} = \frac{M_d}{M_z} = \frac{2,78}{4,28} = 0,65$$

де: M_d – маса деталі;

M_z – маса заготівлі.

3. Коефіцієнт точності обробки $K_{тч.}$ визначається за формулою [19]:

$$K_{тч.} = 1 - \frac{1}{IT_{ср.}} = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92,$$

де: $IT_{ср.}$ – середній квалітет точності обробки поверхонь виробу:

$$IT_{ср.} = \frac{\sum IT_q \cdot n_q}{\sum n_q} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 9 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 3 + 14 \cdot 28}{43} = \frac{531}{43} = 12,3,$$

де: IT_q – квалітет точності обробки;

q – цифровий індекс квалітету точності поверхні деталі;

n_q – число розмірів відповідного квалітету точності.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Мінімально допустиме значення коефіцієнта точності $K_{Тч.}$, яке гарантує достатній рівень технологічності конструкції деталі, становить 0,875. Оскільки для даної деталі цей показник не нижчий за нормативне значення, можна зробити, що за цим показником деталь технологічна.

4. Коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{ш.}$, визначається за формулою:

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ra_{ср.}} = \frac{1}{9,25} = 0,11,$$

де: $Ra_{ср.}$ – середня величина шорсткості поверхонь деталі:

$$Ra_{ср.} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_{Ra_i}}{\sum n_{Ra_i}} = \frac{3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 15 + 12,5 \cdot 23}{43} = \frac{398}{43} = 9,25,$$

де: Ra_i – числове значення шорсткості i -ї поверхні;

n_{Ra_i} – число поверхонь відповідної величини шорсткості, для яких дана шорсткість є рівною.

Для забезпечення належного рівня технологічності при механічній обробці в загальному машинобудуванні середнє значення шорсткості поверхні не повинно перевищувати $Ra = 3,2$ мкм. При такому рівні чистоти поверхні коефіцієнт шорсткості $K_{ш.}$ приймається рівним 0,32, що відповідає допустимому технологічному рівню. В нашому випадку $K_{ш.} = 0,11 < 0,32$, отже деталь за цим показником технологічна.

2.3 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва визначається в залежності від річної програми випуску та маси деталі. Масу виробу визначаємо по побудованій тривимірній моделі фланця, яка становить 2,78 кг. Річну програму випуску деталей згідно з ринковими потребами приймаємо 2000 шт. В такому випадку, виробництво є серійним, так як знаходиться в межах 10-100000 шт., або якщо уточнювати – середньосерійним. [19].

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Серійне виробництво – це форма організації виробництва, при якій продукція виготовляється певними партіями (серіями). Залежно від розміру цих партій та регулярності їх повторення, серійне виробництво поділяється на дрібносерійне, середньосерійне та крупносерійне. Дрібносерійне виробництво має риси, наближені до одиничного, тоді як крупносерійне – до масового. Основною ознакою серійного виробництва є повторюваність випуску однорідної продукції у вигляді серій.

У такій системі працівники, як правило, виконують обмежений набір операцій, що сприяє підвищенню спеціалізації. Для виконання технологічних процесів використовується як універсальне, так і спеціалізоване обладнання. Переміщення заготовок здійснюється паралельно-послідовним методом. Підприємства з таким типом виробництва мають складну виробничу структуру: заготовчі цехи організовані за технологічним принципом, а в механоскладальних цехах створюються ділянки з предметною спеціалізацією, де виготовляється повний цикл обробки окремих деталей або вузлів.

Визначаємо технологічну партію запуску деталі:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} = \frac{2000 \cdot 3}{255} = 23,5 \text{ шт; приймаємо } 25 \text{ шт.}$$

де: N – річна програма випуску деталі;

t – кількість днів пролежування деталей в цеху; $t = 3$ днів;

Φ – річний фонд робочого часу; $\Phi = 255$ днів.

Місячна програма N_M випуску деталей:

$$N_M = \frac{N}{k \cdot 12} = \frac{2000}{2 \cdot 12} = 83 \text{ шт.}$$

де: k – кількість робочих змін на добу. Приймаємо 2 зміни.

Всього за рік буде випущено:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{2000}{25} = 80 \text{ партій}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Огляд технічної інформації про технології обробки аналогічних деталей

Деталь фланець має зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні, які є тілами обертання. Найчастіше заготовки отримують штампуванням, що забезпечує мінімальний припуск і високу структурну щільність матеріалу. Для малосерійного виробництва використовують механічну обробку із прокатних або кованих заготовок.

Обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, отворів, фланцевих полиць та отворів під болти виконується на токарних, свердлильних, фрезерних та координатно-розточувальних верстатах. Для забезпечення чистоти поверхонь Ra 3,2...6,3 мкм застосовують чистове точіння. Високоточні отвори (у нашому випадку F9) виготовляють шляхом розгортання. Також обробка отворів під болти з фасками вимагає додаткових переходів зенкування або застосування комбінованих інструментів.

Значна частина площин фланця, зокрема торцева, підлягає чистовому фрезеруванню для забезпечення перпендикулярності до осі отвору.

При наявності розточених центрувальних поясків або посадочних поверхонь важливо забезпечити концентричність шляхом обробки за один установ.

На сучасних підприємствах використовується обробка на багатоопераційних ЧПУ-центрах, що дозволяє виконати обробку деталі за один установ. Інструментальні системи з модульною оснасткою дозволяють прискорити зміну інструменту та зменшити час переналагодження.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.5. Вибір типу заготовки, обґрунтування методу її виготовлення, розрахунок загальних припусків та розмірів вихідної заготовки

Як було зазначено вище найбільш доцільний метод отримання заготовки для виготовлення деталі «Фланець» у середньосерійному виробництві є поковка або штамповка.

Для отримання поковки можна застосовувати молотний чи пресовий спосіб кування, а для штамповки кривошипні преси. Розглянемо відмінності даних методів у таблиці 4.

Таблиця 4

Відмінності молотного та пресового способу кування

	Кування на молотах	Кування на пресах	Штамування на кривошипних пресах
Тип обладнання	Кувальні молоти	Гідравлічні або механічні преси	Горизонтально-ковальські або кривошипні преси
Тип виробництва	Дрібносерійне, середньосерійне	Середньосерійне, великосерійне	Середньосерійне, великосерійне
Об'єм виробництва	до 500 штук/рік	500–2000 штук/рік	2000+ штук/рік
Призначення	Заготовки складної форми, високий рівень пластичної деформації	Великі заготовки, вища точність та менше допуски	Заготовки складної форми, висока точність та менші допуски

Похибка, розміри	Більші допуски	Менші допуски та краща повторюваність	Низька (мінімальні припуски)
Структура металу	Вища щільність, зерниста структура	Більш рівномірна структура, менше напружень	Оптимальні, менше тріщин, краща структура
Повторюваність форми	Низька	Середня	Висока
Матеріальні втрати (відходи)	Високі	Середні	Низькі
Коефіцієнт використання матеріалу	0,55–0,65	0,65–0,75	0,80–0,90
Собівартість (одинична)	Вища через великий припуск	Нижча, ніж при молоті	Найнижча при великих об'ємах

Джерело: узагальнено та побудовано на основі ISO 11970 та EN 10243-1

Для середньосерійного виробництва фланця карданного валу, особливо якщо потрібна вища точність і менші припуски, зупинимся на способі отримання заготовки штампування на кривошипних пресах.

Для виконання штампування обираємо пресову машину моделі AIDA NC1-450 (рис. 7) [18]:

Зусилля: 450 кН;

Довжина ходу: 120 мм;

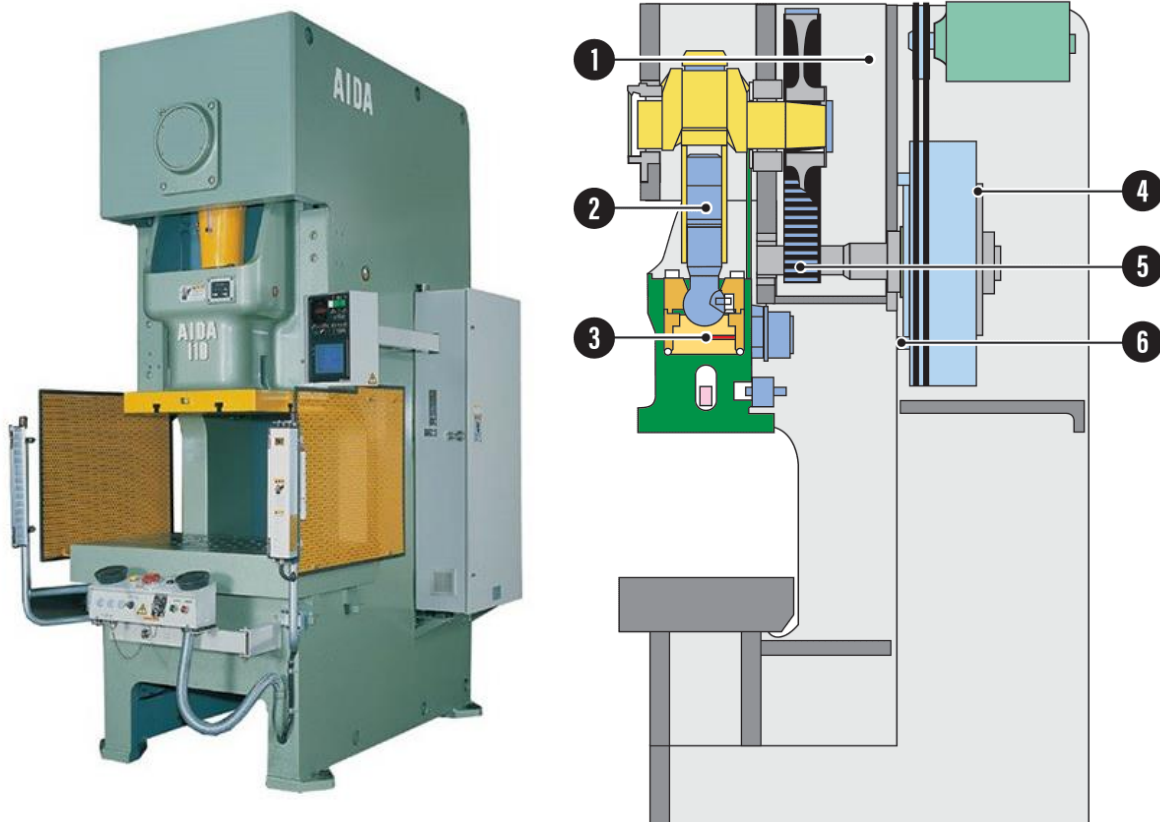


Рис. 7. AIDA NC1-450 [18]

За EN 10243-1 визначаємо:

- Клас точності – Т3 (гарячештампувальні автомати);
- Група сталі – М2 (сталь з сумарною масовою долею легуючих елементів вище 2 % до 5% включно);
- Ступінь складності штамповки – С2;
- Конфігурація поверхні роз'єму штампу – П (плоска);
- Вихідний індекс – 10.

Загальні припуски та допустимі відхилення призначаємо за EN 10243-1 та заносимо їх у таблицю 5. Також у таблиці розрахуємо розміри заготовки та допуски.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Розміри заготовки з допусками

Номінальний розмір деталі	Шорсткість	Основний припуск	Допоміжний припуск	Розрахунковий розмір	Прийнятий розмір та допуск поковки
Діаметральні розміри					
$\varnothing 76\ h10$	6,3	$1,5 \cdot 2$	$0,2+0,4+0$	$\varnothing 80$	$\varnothing 80^{+1,1}_{-0,5}$
$\varnothing 175$	12,5	$1,7 \cdot 2$	$0,2+0,4+0$	$\varnothing 179$	$\varnothing 179^{+1,6}_{-0,9}$
$\varnothing 47\ H11$	12,5	$1,2 \cdot 2$	$0,2+0,4+0$	$\varnothing 44$	$\varnothing 44^{+0,5}_{-1,1}$
Лінійні розміри					
82	3,2	$1,5 \cdot 2$	$0,2+0,4+0$	86	$86^{+1,1}_{-0,5}$
10	6,3	$1,4 \cdot 2$	$0,2+0,4+0$	13,5	$13,5^{+0,9}_{-0,5}$

Джерело: розраховано і побудовано автором

Штампувальні ухили на гарячештампувальних автоматах приймаємо для зовнішніх поверхонь – 1° , для внутрішніх – 2° .

Радіус заокруглень зовнішніх кутів приймаємо 2,5 мм.

З врахуванням проведених розрахунків будуємо 3D модель поковки (рис. 8), та оформлюємо креслення заготовки (рис. 9).



Рис. 8. 3D модель заготовки (штамповка)

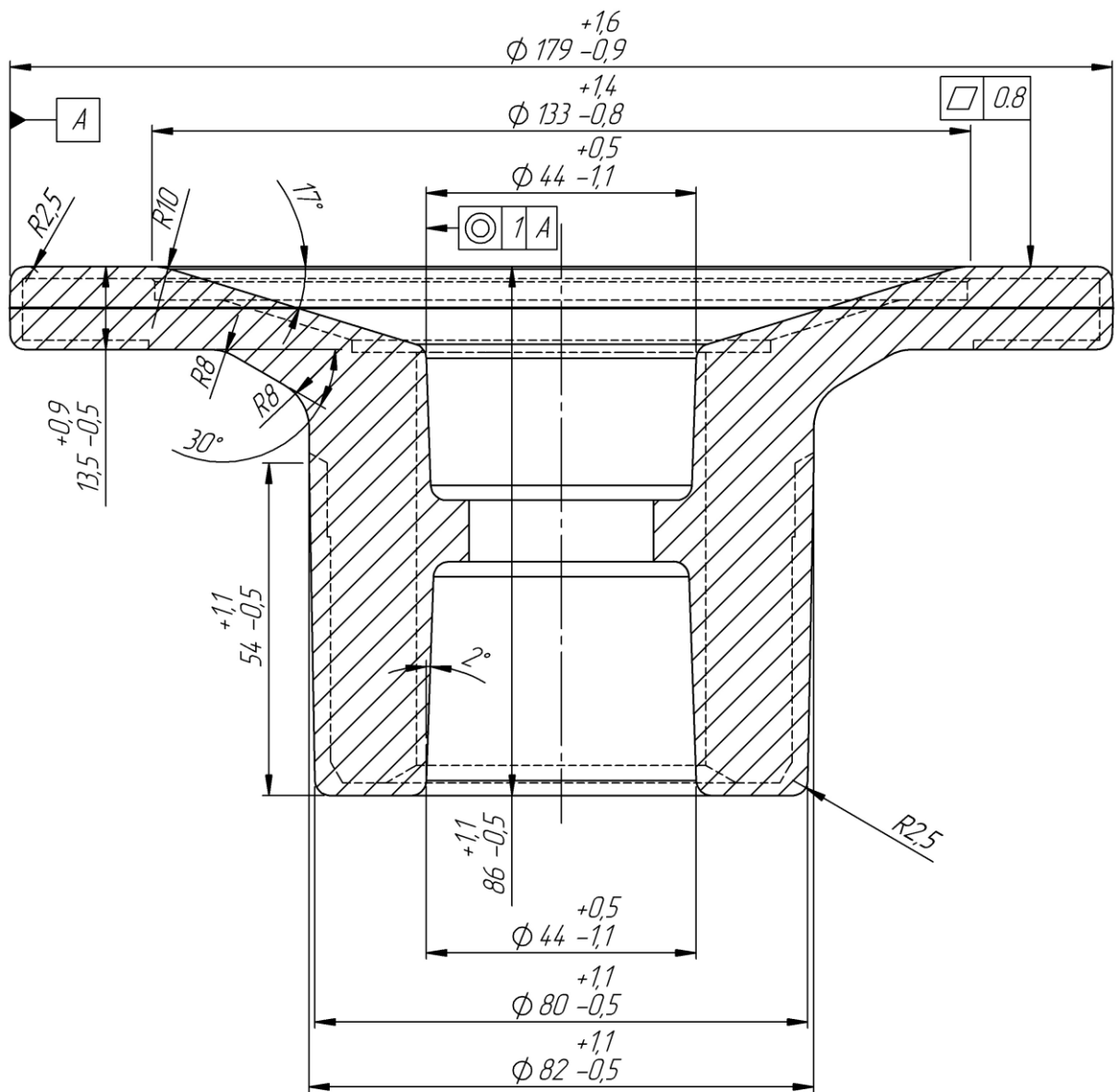


Рис. 9. Креслення заготовки (штамповка)

2.6. Розрахунок міжопераційного припуску для поверхні $\Phi 75 h11$

Поверхня $\Phi 75 h11$ суміжна з поверхнею $\Phi 76 h10$, тому необхідно врахувати спочатку обробку до поверхні $\Phi 76 h10$, а потім її частину проточити до поверхні $\Phi 75 h11$.

За ДСТУ EN ISO 286-2:2022 визначаємо відхилення даних поверхонь: $\Phi 75 h11 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,19 \end{smallmatrix} \right), \Phi 76 h10 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,12 \end{smallmatrix} \right)$.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

32

Встановлюємо послідовність обробки за [21, с. 8-9, табл. 4] та визначаємо якість поверхонь за [21, с. 186, табл. 12, табл. 24]:

- Заготовка – $R_z = 200$ мкм; $h = 250$ мкм;
- Чорнове точіння – $R_z = 100$ мкм; $h = 100$ мкм;
- Фінішне точіння – $R_z = 25$ мкм; $h = 25$ мкм;

Визначаємо просторові відхилення за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{см.}}^2 + \Delta_{\text{к.}}^2}, \quad (8)$$

де: $\Delta_{\text{см.}}$ – відхилення від співвісності елементів, що штампуються в різних половинках штампа визначаємо за EN 10243-1; $\Delta_{\text{см.}} = 0,2$ мм;

$\Delta_{\text{к.}}$ – відхилення заготовки від прямолінійності визначаємо за EN 10243-1; $\Delta_{\text{к.}} = 0,4$ мм.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{200^2 + 400^2} = 447 \text{ мкм}$$

Величина залишкових відхилень після виконання переходу:

$$\Delta_{\Sigma \text{ ост.}} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma}, \quad (9)$$

де: K_y – коефіцієнт уточнення [21, с. 190, табл. 29].

$K_{y1} = 0,06$ – після чорнового точіння;

$K_{y2} = 0,04$ – після чистового точіння;

$$\Delta_{\Sigma \text{ ост.}} = 0,06 \cdot 447 = 268 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ ост.}} = 0,04 \cdot 721 = 179 \text{ мкм};$$

Визначаємо похибку встановлення:

При точінні деталь встановлюється в патроні:

$$\Sigma_{\text{уст.}} = \sqrt{\Sigma_{\text{ос.}}^2 + \Sigma_{\text{рад.}}^2} = \sqrt{80^2 + 100^2} = 128 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальні припуски по всіх переходах:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Sigma_i^2} \right)$$

Для чорнового точіння:

$$2Z_{min} = 2 \left((200 + 250) + \sqrt{447^2 + 268^2} \right) = 1942 \text{ мкм.}$$

Для чистового точіння $\varnothing 76 \text{ } h10$:

$$2Z_{min} = 2 \left((100 + 100) + \sqrt{268^2 + 179^2} \right) = 1045 \text{ мкм.}$$

Для чистового точіння $\varnothing 75 \text{ } h11$:

$$2Z_{min} = 2 \left((25 + 25) + \sqrt{179^2 + 179^2} \right) = 606 \text{ мкм.}$$

Розрахункові найбільші граничні розміри:

Чистове точіння $\varnothing 75 \text{ } h11$: $d_{p.max} = 75 + 0 = 75 \text{ мм.}$

Чистове точіння $\varnothing 76 \text{ } h10$: $d_{p.max} = 76 + 0 = 76 \text{ мм.}$

Чорнове точіння: $d_{p.max} = 76 + 1,045 = 77,045 \text{ мм.}$

Заготовка: $d_{p.max} = 77,045 + 1,942 = 78,987 \text{ мм.}$ Приймаємо по кресленню заготовки 81,1 мм.

Розрахункові найменші граничні розміри:

Чистове точіння $\varnothing 75 \text{ } h11$: $d_{p.min} = d_{p.max} - Td = 75 - 0,19 = 74,81 \text{ мм.}$

Чистове точіння $\varnothing 76 \text{ } h10$: $d_{p.min} = d_{p.max} - Td = 76 - 0,12 = 75,88 \text{ мм.}$

Чорнове точіння: $d_{p.min} = d_{p.max} - Td = 77,045 - 0,74 = 76,305 \text{ мм.}$

Заготовка: $d_{p.min} = d_{p.max} - Td = 81,1 - 1,6 = 79,5 \text{ мм.}$

Визначаємо граничні значення припусків для всіх поверхонь:

Для чистового точіння $\varnothing 75 \text{ } h11$: $2Z_{max} = 76 - 75 = 1 \text{ мм;}$

$$2Z_{min} = 75,88 - 74,81 = 1,07 \text{ мм;}$$

Для чистового точіння $\varnothing 76 \text{ } h10$: $2Z_{max} = 77,045 - 76 = 1,045 \text{ мм;}$

$$2Z_{min} = 76,305 - 75,88 = 0,425 \text{ мм;}$$

Для чорнового точіння: $2Z_{max} = 81,1 - 77,045 = 4,055 \text{ мм;}$

$$2Z_{min} = 79,5 - 76,305 = 3,195 \text{ мм;}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Визначаємо загальні припуски для $\Phi 76\ h10$:

$$2Z_{o.max} = \sum Z_{max} = 1,045 + 4,055 = 5,1\text{ мм};$$

$$2Z_{o.min} = \sum Z_{min} = 0,425 + 3,195 = 3,62\text{ мм};$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків:

$$2Z_{o.max} - 2Z_{o.min} = T_{заг.} - T_{дет.}$$

$$5,1 - 3,62 = 1,6 - 0,12$$

$$1,48 = 1,48$$

Отже розрахунки проведені вірно. На рисунку 10 показано схему розташування припусків.

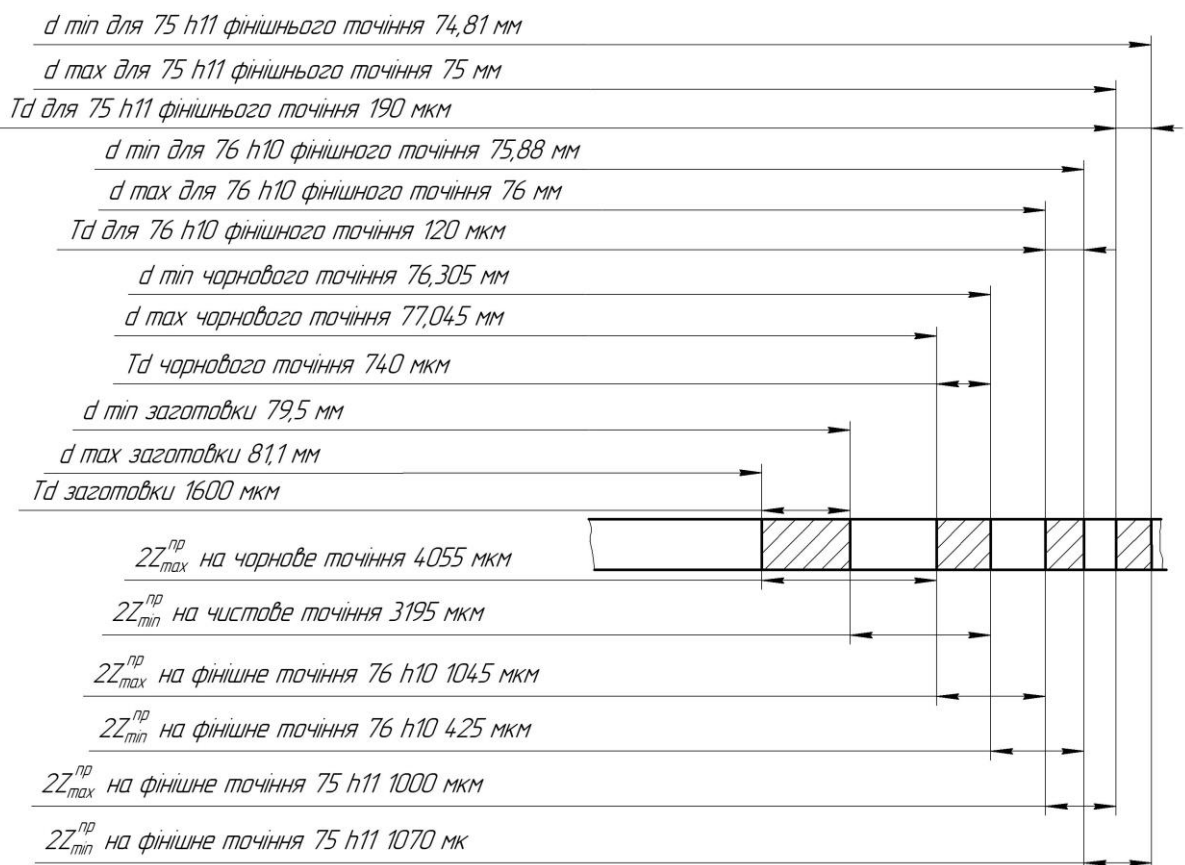


Рис. 10. Схема розташування припусків

2.7. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу

На першій токарній операції виконаємо обробку заготовки з безфланцевої сторони. Обробимо зовнішні поверхні, проточимо торець та просвердлимо центровий отвір залишивши припуск на розточування, також обробимо фаски. При цьому базою приймаємо зовнішню поверхню фланця і торець.

На другій токарній операції проведемо підрізку торців та зовнішнього діаметра самого фланця, розточування внутрішніх переходів та центрального отвору та обробку фасок. Базою буде слугувати вже оброблена циліндрична поверхня та торець деталі. Таким чином будуть виконані вимоги по відхиленню форм та розташування як циліндричних так і торцевих поверхонь.

Для проведення токарних операцій обираємо обладнання токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20Ф3

Після токарних операцій виконаємо свердління та розгортання отворів по фланцю. Верстат 2Н135.

Далі протягуємо шліцьовий отвір та виконуємо термообробку шліців. Після термообробки проводимо контрольні операції, звертаючи особливу увагу на контроль розмірів шліців. Якщо після термообробки присутні деформації, то проводимо доводку калібром або контрольне полірування.

Розроблений технологічний процес обробки фланці для кріплення карданного валу представляємо у вигляді таблиці 6.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Маршрутно-операційний опис технологічного процесу виготовлення
фланця*

№ опер.	Зміст переходів операцій, бази, обладнання та ескіз
000	<i>Заготівельна (поковка)</i>
005	<i>Токарна</i> Обладнання: токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20Ф3 Базові поверхні: торець $\varnothing 179$ / $\varnothing 133$ та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 179$ Зміст технологічної операції: 1. Підрізати торець $\varnothing 76/\varnothing 45$; 2. Точити начорно $\varnothing 76$ h_{10} у розмір $\varnothing 77$ на довжину 52 мм; 3. Точити начисто $\varnothing 76$ h_{10} на довжину 52 мм; 4. Точити начисто $\varnothing 75$ h_{11} на довжину 40 мм; 5. Точити зовнішню фаску 30° витримуючи розмір $\varnothing 71$; 6. Точити внутрішню фаску 30° витримуючи розмір $\varnothing 57$; 7. Розсвердлити отвір $\varnothing 47$ H_{11} у розмір $\varnothing 45$. Ескіз обробки:

010

Токарна

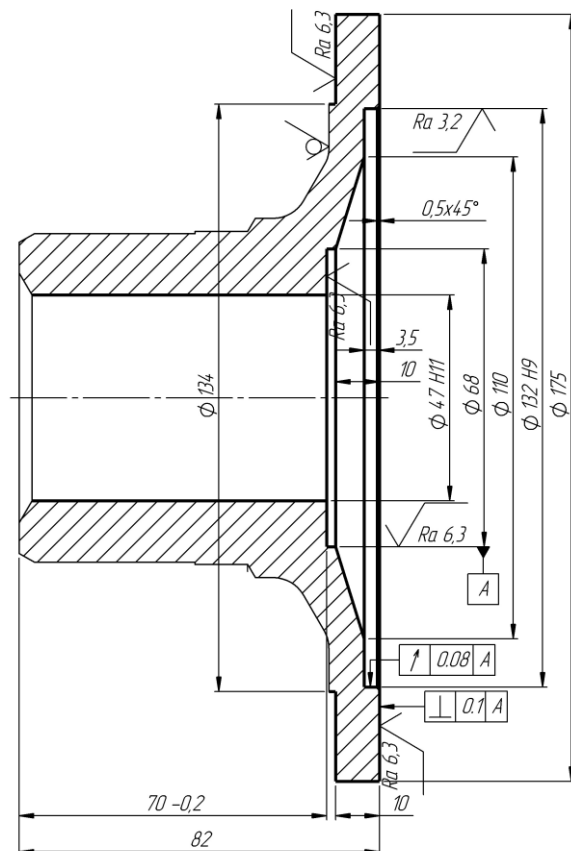
Обладнання: токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20Ф3

Базові поверхні: торець $\varnothing 75$ / $\varnothing 45$ та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 75$

Зміст технологічної операції:

1. Підрізати торець $\varnothing 175/\varnothing 132$ витримуючи розмір 82 мм;
2. Підрізати торець $\varnothing 175/\varnothing 134$ витримуючи розмір 10 мм;
3. Точити $\varnothing 175$ на довжину 10 мм;
4. Розточити $\varnothing 132$ H9 на глибину 35 мм;
5. Розточити $\varnothing 68$ витримуючи розмір $70_{-0,2}$ мм;
6. Розточити поверхню $\varnothing 110/\varnothing 68$ витримуючи розмір 10 мм;
7. Розточити отвір $\varnothing 47$ H11;
8. Точити фаску $0,5 \times 45^\circ$;

Ескіз обробки:

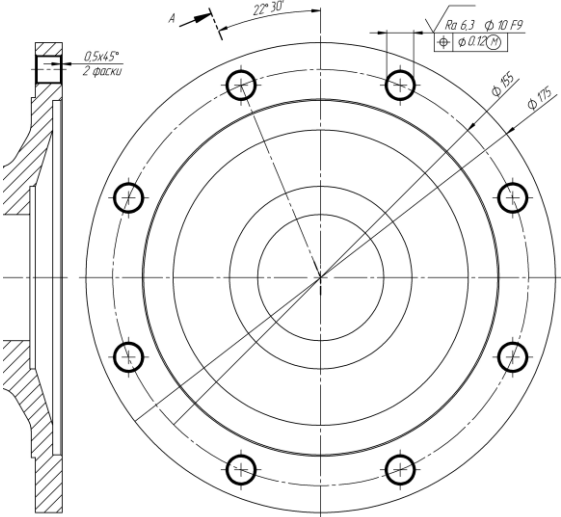


Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

38

015	<i>Свердлильна</i> Обладнання: Координатно-свердильний KNUTH PSB 60 CNC Базові поверхні: торець $\varnothing 75$ / $\varnothing 47$ та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 47$ H11 Зміст технологічної операції: 1. Розмітити положення отворів витримуючи розмір $\varnothing 155$ та кут 45°; 2. Свердлити наскрізь 8 отворів $\varnothing 9,8$ мм; 3. Розгорнути 8 отворів у розмір $\varnothing 10$ F9; 4. Зенкувати фаски $0,5 \times 45^\circ$ з двох сторін. Ескіз обробки: 
020	<i>Протяжна</i> Обладнання: Горизонтально-протяжний верстат 7Б56 Базові поверхні: торець $\varnothing 75$ / $\varnothing 47$ Зміст технологічної операції: 1. Протягнути шліці D–10x47H11x55H7x9F9;
025	<i>Слюсарна</i> Зміст технологічної операції: 1. Заокруглити гострі кромки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

39

030	<i>Термічна</i> Зміст технологічної операції: 1. Індукційне гартування бічних поверхонь шліців (СВЧ) HRC 45...50
035	<i>Контрольна</i> Зміст технологічної операції: 1. Контролювати всі розміри деталі; 2. Контролювати розміри шліців. Якщо присутні деформації, то здійснити доводку калібром або контрольне полірування.

Джерело: розроблено і побудовано автором

2.8. Розрахунок режимів різання

2.8.1. Операція 005 – токарна з ЧПК

Проведемо розрахунок режимів різання для поверхні на яку було проведено розрахунок припусків – $\varnothing 76\ h10$. Дана поверхня обробляється на операції: 005 – Токарна.

Обладнання: токарний верстат з ЧПУ моделі 16K20Ф3

Базові поверхні: торець $\varnothing 179 / \varnothing 133$ та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 179$

Зміст технологічної операції:

1. Підрізати торець $\varnothing 76 / \varnothing 45$;
2. Точити начорно $\varnothing 76\ h10$ у розмір $\varnothing 77$ на довжину 52 мм;
3. Точити начисто $\varnothing 76\ h10$ на довжину 52 мм;
4. Точити начисто $\varnothing 75\ h11$ на довжину 40 мм;
5. Точити зовнішню фаску 30° витримуючи розмір $\varnothing 71$;
6. Точити внутрішню фаску 30° витримуючи розмір $\varnothing 57$;

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Розсвердлити отвір $\varnothing 47\ H11$ у розмір $\varnothing 45$.

Ескіз обробки:

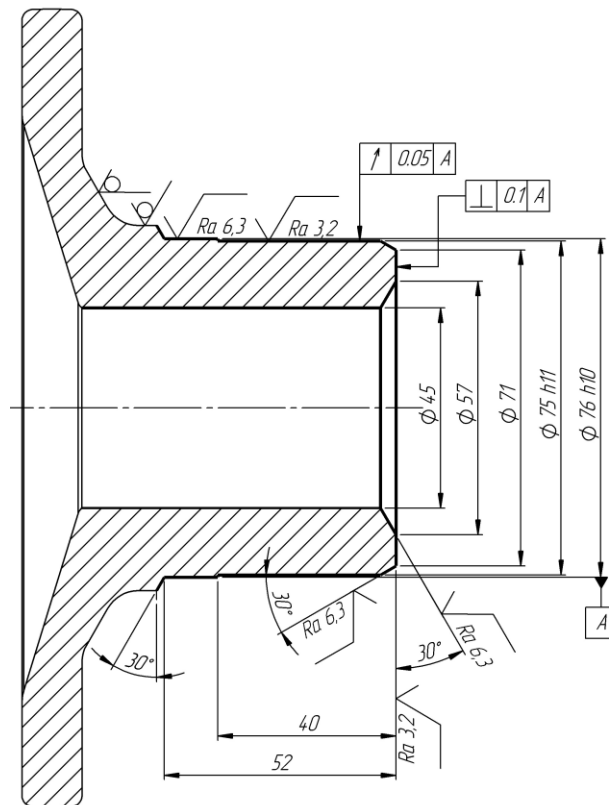


Рис. 11. Ескіз обробки операції 005 – токарна ЧПК

Обираємо різальний інструмент для поздовжнього точіння поверхні $\varnothing 76\ h10$ – Різець прохідний упорний з механічним кріпленням пластини: T15K6, геометричні параметри: $\gamma = 6^\circ$; $\lambda = 0^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, $r = 0,4$ мм.

Інструмент для контроль розмірів: штангенциркуль; мікрометр.

Розрахунок режимів обробки:

Визначимо швидкість, подачу та глибину різання при зовнішньому точінні поверхні $\varnothing 76\ h10$, у якої розрахункові межі припуску на виконання обробки становлять: $2Z_{max} = 1,045$ мм; $2Z_{min} = 0,425$ мм. Отже приймаємо середнє значення 1 мм, тоді глибина різання – $t = 0,5$ мм.

Подачу на оберт приймаємо за рекомендаціями [22, с. 268, табл. 14] для радіусу при вершині різця $r = 0,4$ мм – $S = 0,07$ мм/об.

Швидкість різання розраховуємо за формулою [22, с. 265]:

$$V_{\text{розр.}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot k_{M_V} \cdot k_{P_V} \cdot k_{I_V} = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,07^{0,2}} \cdot 1,27 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$= 403,44 \text{ м/хв.};$$

де: $C_v = 420$ – коефіцієнт швидкості різання [22 с. 269, табл. 17];

$T = 45$ хв. – період стійкості інструменту;

$x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ – степені у розрахунках швидкості різання [22 с. 269, табл. 17];

k_{M_V} – коефіцієнт впливу матеріалу заготовки [22 с. 261, табл. 1]:

$$k_{M_V} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_g} = 1 \cdot \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,27;$$

$k_{P_V} = 0,8$ – коефіцієнт стану поверхні заготовки [22 с. 261, табл. 5];

$k_{I_V} = 1,0$ – коефіцієнт матеріалу різальної кромки інструменту [22 с. 261, табл. 6].

Кількість обертів шпинделя за хвилину знаходимо за значеннями швидкості різання та розмірів оброблюваної поверхні:

$$n_{\text{розр.}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 403,44}{3,14 \cdot 76} = 1690,6 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними токарного верстата моделі 16К20Ф3 приймаємо $n = 1400$ об/хв. Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 1400}{1000} = 334,26 \text{ м/хв.}$$

Складові сили різання можна розрахувати по формулі [22, с. 271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

де: $C_p = 300$ – коефіцієнт сили різання [22 с. 273, табл. 22];

$x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ – степені у розрахунках сили різання [22 с. 273, табл. 22];

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p};$$

де: K_{M_p} – коефіцієнт впливу матеріалу заготовки [22 с. 264, табл. 9]:

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,83$$

$K_{\varphi_p} = 0,94$; $K_{\gamma_p} = 1,05$; $K_{\lambda_p} = 1$; $K_{r_p} := 0,86$ – коефіцієнти впливу геометрії ріжучої кромки [22 с. 275, табл. 23]:.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,07^{0,75} \cdot 334,26^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,86 \\ = 62,29 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{62,29 \cdot 334,26}{1020 \cdot 60} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Вихідна потужність електродвигуна верстата моделі 16K20Ф3 – 11 кВт. Отже, потужність достатня для виконання обробки.

Розрахунок основного (машинного) часу проведемо за формулою:

$$T_o = \frac{L + l}{s \cdot n} \cdot i;$$

де: L – довжина обробки, мм;

l – величина врізання й перебігу, мм;

s – подача, мм/об;

n – число обертів шпинделя, об/хв.;

i – число проходів.

$$T_o = \frac{52 + 1}{0,07 \cdot 1400} \cdot 1 = 0,54 \text{ хв.}$$

Отже, режими різання наступні: глибина різання – $t = 0,5$ мм; подача – $S = 0,07$ мм/об; швидкість різання – $V = 334,26$ м/хв.; частота обертання шпинделя – $n = 1400$ об/хв.; потужність різання – $N = 0,34$ кВт; час обробки однієї поверхні – $T_o = 0,54$ хв.

Для інших поверхонь, що обробляються на даній операції, режими різання розраховуємо аналогічно, та зводимо у таблицю 7.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Режими різання до операції 005

Перехід	Режими різання					Основний час, хв
	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Число обертів, об/хв	Потужність різання кВт	
	t	s	V	n	N	
Підрізати торець $\varnothing 76/\varnothing 45$	2	0,06	201,06	800	1,64	0,41
Точити начорно $\varnothing 76 h10$	2	1,2	120,09	500	4,59	0,09
Точити начисто $\varnothing 76 h10$	0,5	0,07	334,26	1400	0,34	0,54
Точити начисто $\varnothing 75 h11$	0,5	0,07	329,87	1400	0,34	0,41
Точити зовнішню фаску 30°	3	0,06	188,49	800	1,53	0,06
Точити внутрішню фаску 30°	2	0,06	179,07	1000	1,61	0,05
Розсвердлити отвір $\varnothing 47 H11$	7,5	0,62	25,45	180	5,59	0,75

Джерело: Розраховано та побудовано автором

2.8.2. Операція 015 – свердлильна

Обладнання: Координатно-свердлильний KNUTH PSB 60 CNC

Базові поверхні: торець $\varnothing 75 / \varnothing 47$ та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 47 H11$

Зміст технологічної операції:

1. Розмітити положення отворів витримуючи розмір $\varnothing 155$ та кут 45° ;
2. Свердлити наскрізь 8 отворів $\varnothing 9,8$ мм;
3. Розгорнути 8 отворів у розмір $\varnothing 10 F9$;
4. Зенкувати фаски $0,5 \times 45^\circ$ з двох сторін.

Ескіз обробки:

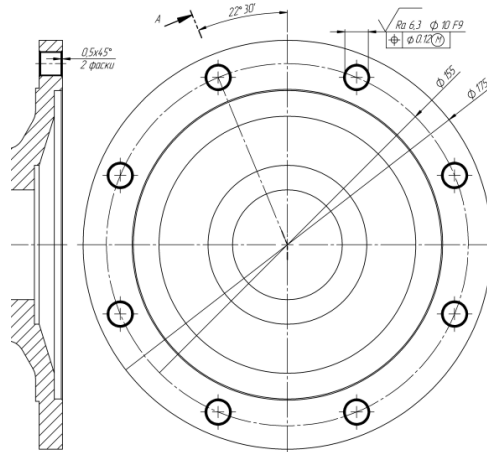


Рис. 12. Ескіз обробки операції 015 – свердлильна

Розрахунок режимів обробки:

1. Розраховуємо режим обробки на отвір $\varnothing 9,8$ мм.

$$t = d/2 = 9,8/2 = 4,9 \text{ мм};$$

Визначаємо подачу на оберт свердла [22 с. 277, табл. 25]: – $S_{\text{св}} = 0,20 \dots 0,25$ мм/об.

Швидкість різання дорівнює [15]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_{M_v} \cdot k_{I_v} \cdot k_{I_v} = \frac{9,8 \cdot 9,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,22^{0,5}} \cdot 1,27 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 22,13 \text{ м/хв.};$$

де: $C_v = 9,8$ – коефіцієнт швидкості різання [22 с. 278, табл. 28];

$q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$ – степені у розрахунках швидкості різання [22 с. 278, табл. 28];

$T = 25$ хв. – період стійкості інструменту [22 с. 279, табл. 30];

k_{M_v} – коефіцієнт впливу матеріалу заготовки [22 с. 261, табл. 1]:

$$k_{M_v} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_g} = 1 \cdot \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,27;$$

$k_{I_v} = 0,8$ – коефіцієнт стану поверхні заготовки [22 с. 261, табл. 5];

$k_{I_v} = 1,0$ – коефіцієнт матеріалу різальної кромки інструменту [22 с. 261, табл. 6].

$$n_{\text{роз.}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,13}{3,14 \cdot 9,8} = 719,2 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

За технічними характеристиками верстата приймаємо частоту обертів шпинделя $n = 710 \text{ об/хв.}$

$$\vartheta = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9,8 \cdot 710}{1000} = 21,85 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

Розрахуємо крутний момент по формулі [22 с. 277]:

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_{\text{м}} \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 9,8^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 0,83 = 8,08 \text{ Нм:}$$

де: $C_{\text{м}} = 0,0345$ – коефіцієнт сили різання [22 с. 278, табл. 28];

$q = 2; y = 0,8$ – степені у розрахунках сили різання [22 с. 278, табл. 28];

$K_p = K_{M_p}$ – коефіцієнт впливу матеріалу заготовки [22 с. 264, табл. 9]:

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,83$$

Розрахуємо потужність обробки за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{9750} = \frac{8,08 \cdot 710}{9750} = 0,59 \text{ кВт.}$$

На верстаті встановлена електродвигун приводу головного руху потужністю 4 кВт. Отже, потужність достатня для виконання обробки.

Для інших поверхонь, що обробляються на даній операції, режими різання розраховуємо аналогічно, та зводимо у таблицю 8.

Розрахунок основного (машинного) часу проведемо за формулою:

$$T_o = \frac{L + l}{s \cdot n} \cdot i = \frac{10 + 5}{0,22 \cdot 710} \cdot 8 = 0,77;$$

Таблиця 8

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режими різання до операції 015

	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швид- кість різання, м/хв	Число обертів, об/хв	Потуж- ність різання кВт	Основний час, хв
	t	s	V	n	N	T_o
Розмітити положення отворів	-	0,5	-	1000	-	0,08
Свердлити наскрізь 8 отворів Ø9,8 мм	4,9	0,22	21,85	710	0,59	0,77
Розгорнути 8 отворів у розмір Ø10 F9;	0,2	0,64	11,26	355	0,07	0,52
Зенкувати фаски 0,5x45° з двох сторін	0,5	0,2	17,27	500	0,1	0,48

Джерело: Розраховано та побудовано автором

2.9. Висновки до другого розділу

У другому розділі бакалаврської роботи розроблено маршрут лезової обробки деталі «Фланець» кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ. Обґрунтовано вибір виду та форми заготовки – прийнято штампування в закритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах, що забезпечує мінімальний припуск і високу точність заготовки. Проведено розрахунок загальних та міжопераційних припусків на обробку відповідальних поверхонь Ø76 h10 та Ø75 h11. Для ключових токарної (операція 005) та свердлильної (операція 015) операцій визначено режими різання з урахуванням вимог до точності та шорсткості поверхонь.

Особливу увагу приділено обробці шліцьової частини отвору, включаючи вибір методу протягування та доцільність проведення термообробки після формування профілю.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування проектування різальної протяжки для обробки шліців

За робочим кресленням деталь «Фланець» має внутрішній шліцьовий отвір (D–10x47H11x55H7x9F9) для з'єднання з ведучою вал-шестернею заднього моста. Аналізуючи стандарт ISO 14:1982 можна помітити, що дане шліцьове з'єднання не є стандартним. Найближчі аналоги схожі за розмірами згідно ISO 14:1982: 8-46x54x9 або 10x46x56x7. Тому доцільно у третьому розділі провести розрахунок та проектування різальної протяжки для обробки шліцьового отвору деталі.

3.2. Розрахунок параметрів шліцьової протяжки

Розрахунок параметрів шліцьової протяжки проведемо за методикою описаною у [27].

Згідно [27] протяжки для обробки отворів складаються з наступних частин (рис. 13): 1 – хвостовик; 2 – шийка; 3 – перехідний конус; 4 – передня напрямна частина; 5 – ріжуча частина; 6 – калібрувальна частина; 7 – задня напрямна частина; 8 – хвостовик.

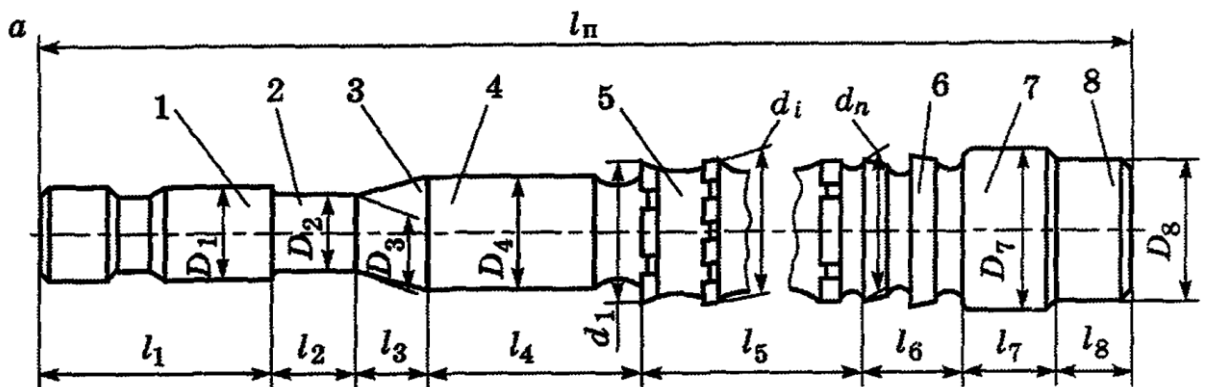


Рис. 13. Основні частини протяжок [27]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

48

Для шліцевих протяжок застосовую генераторну схему різання, суть якої в тому, що припуск знімається паралельними шарами кожним зубом протяжки не по всьому контуру, а лише по його частині. При цьому форма кожного зуба ідентична формі попередньо підготовленої під протягування поверхні і тільки останні ріжучі зуби відповідають кінцевій формі обробленої поверхні [27]. Підйом на зуб у такій схемі становить 0,04...0,08 мм для обробки сталі.

1. Аналіз вихідних даних до розрахунку.

D–10x47H11x55H7x9F9

Внутрішній діаметр шліців – $d = 47 \text{ H11 мм}$;

Зовнішній діаметр шліців – $D = 55 \text{ H7 мм}$;

Ширина шліцу – $b = 9 \text{ F9 мм}$;

Довжина – $l = 70 \text{ мм}$;

Шорсткість западини та бічних поверхонь: $Ra \text{ 3,2}$;

Оброблювальний матеріал – Сталь 45;

Обладнання: Горизонтально-протяжний верстат 7Б56. Технічні характеристики:

- Номінальне тягове зусилля – 200 кН;
- Найбільша довжина робочого ходу салазок – 1600 мм;
- Діаметр отвору в планшайбі – 130 мм;
- Швидкість робочого ходу – 1,5...11,5 м/хв;
- Потужність електродвигуна приводу головного руху – 30 кВт.

2. Розрахунок діаметру вихідного отвору.

Діаметр вихідного отвору 47H11 було сформовано на токарній операції і він є напрямною поверхнею для протяжки. Тому у нашому випадку залишати додатковий пропуск непотрібно. Отже:

$$D_0 = d - A_0 = 47 - 0 = 47 \text{ мм.}$$

3. Вибір матеріалу протяжки, розміри хвостовика та ЗОР.

Вибір матеріалу різальної частини протяжки залежить від оброблювального матеріалу та виду виробництва. Для обробки нелегованих сталей у малосерійному виробництві рекомендується застосовувати леговані сталі ХВГ, ХВСГ або швидкорізальні сталі Р6АМ5, Р12Ф3, при цьому внутрішні протяжки доцільно робити цільними [27].

Форма і розміри хвостовика протяжки стандартизовані ГОСТ 4044-70, який не має прямого міжнародного аналога ISO, та залишається актуальним і єдиним комплексним стандартом для круглих хвостовиків протяжок.

Обираємо розміри хвостовика (рис. 14) згідно ГОСТ 4044-70 у міліметрах наступні: $d_1 = 40 \text{ e}8$; $d_2 = 32 \text{ c}11$; $d_4 = 40_{-1,0}^{-0,5}$; $l_1 = 180$; $l_2 = 32$; $l_3 = 32$; $l_4 = 20$; $l_6 = 160$; $r = 0,5$; $c = 1,5$; $\alpha = 30^\circ$; $F_{\text{хв.}} = 804,2 \text{ мм}^2$.

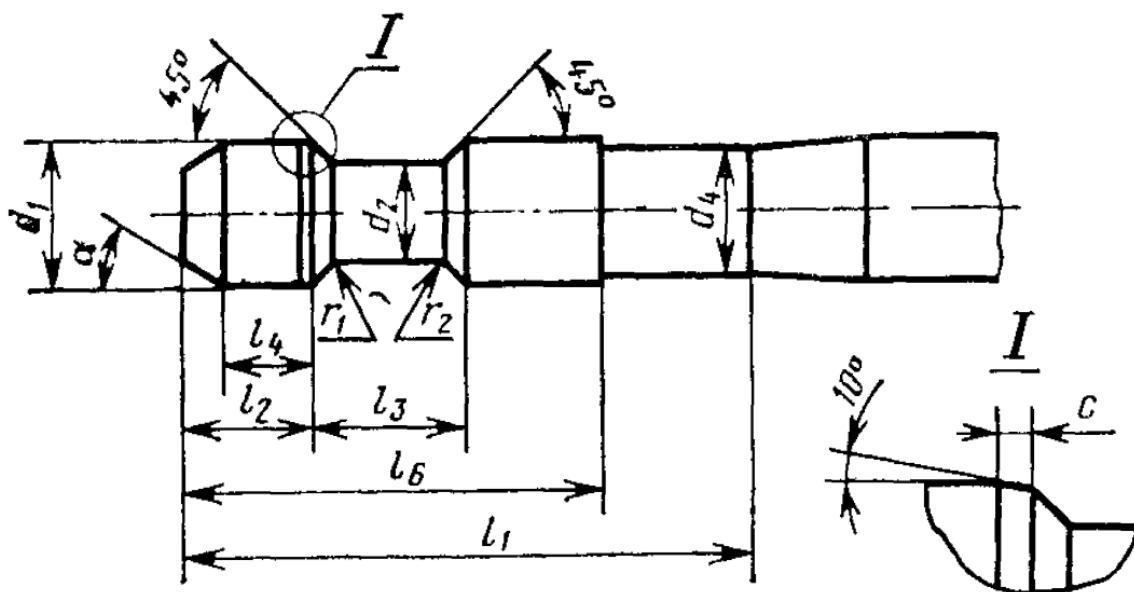


Рис. 14. Розміри хвостовика протяжок за ГОСТ 4044-70

В якості змащувально-охолоджуючої рідини приймаємо 10%-у емульсію.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ

Арк.

50

4. Визначення зусилля протягування.

Визначимо допустиме зусилля протягування з точки зору міцності хвостовика за формулою [27]:

$$P_{\text{хв.}} = F_{\text{хв.}} \cdot [\sigma_{\text{хв.}}] = 804,2 \cdot 250 = 201050 \text{ Н};$$

де: $F_{\text{хв.}} = 804,2 \text{ мм}^2$ – площа поперечного перерізу хвостовика у d_4 ;

$[\sigma_{\text{хв.}}] = 250 \text{ МПа}$ – допустиме напруження в матеріалі хвостовика.

Визначимо допустиме зусилля протягування з точки зору потужності верстата за формулою:

$$Q = \eta \cdot Q_{\text{в}} = 0,9 \cdot 200000 = 180000 \text{ Н};$$

де: $\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії верстата;

$Q_{\text{в}} = 200 \text{ кН}$ – номінальне тягове зусилля верстата.

Для подальших розрахунків приймаємо менше з розрахованих значень – $Q = 180000 \text{ Н} < P_{\text{хв.}} = 201050 \text{ Н}$, та позначимо $P_{\text{доп.}}$.

5. Визначення максимальної глибини стружкової канавки [27].

$$h_{0[\sigma]} = 0,5 \cdot \left(D_0 - 1,1 \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{доп.}}}{[\sigma]}} \right) = 0,5 \cdot \left(45,8 - 1,1 \cdot \sqrt{\frac{180000}{325}} \right) = 9,9 \text{ мм};$$

де: $[\sigma] = 325 \text{ МПа}$ – рекомендоване допустиме напруження в матеріалі протяжки, при кільцевих стружкових канавках.

6. Визначаємо крок зубів та найбільшу кількість одночасно працюючих зубів визначаємо в залежності від довжини ($l = 70 \text{ мм}$) обробки за [27].

$t = 12 \text{ мм}$ – крок зубів;

$z_i = 6$ – найбільша кількість одночасно працюючих зубів.

7. Обираємо профіль стружкової канавки та її розміри (рис. 15) обираємо в залежності від прийнятого кроку зубців ($t = 12 \text{ мм}$) за [27]: $q = 4 \text{ мм}$; $R = 8 \text{ мм}$; $h_0 = 5 \text{ мм}$; $r = 2,5 \text{ мм}$; $F_a = 19,6 \text{ мм}^3$.

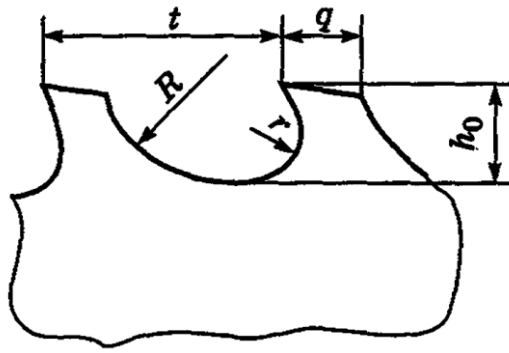


Рис. 15. Форма зубців та стружкових канавок [27]

8. У протяжках, які виконані по груповій схемі різання розрізняють чорнові, перехідні та чистові зуби. Чорнові зуби можуть працювати з подачею 0,1...0,3 мм і навіть більше. Значення подачі необхідно приймати з огляду на міцність самої протяжки, коефіцієнта заповнення стружкових канавок, а можливостей тягового зусилля верстат.

Визначаємо підйом на чорнових секціях за умовою розміщення стружки в канавках при коефіцієнті k_{min} .

$$S_{чор.} = \frac{F_a}{k_{min} \cdot l_{отв.}} = \frac{19,6}{2,2 \cdot 70} = 0,12727 = 0,13 \text{ мм};$$

де: $k_{min} = 2,2$ – коефіцієнт розміщення стружки в канавках при обробці сталі з подачею 0,15...0,4;

$l_{отв.} = 70$ – довжина оброблювального отвору.

Після округлення подачі $S_{чор.} = 0,13$ уточнюємо коефіцієнт k_{min} :

$$k_{min} = \frac{F_a}{S_{чор.} \cdot l_{отв.}} = \frac{19,6}{0,13 \cdot 70} = 2,154.$$

9. Вибір заднього кута – α та переднього кута – γ .

$\gamma = 15^\circ$ – передній кут, який рекомендовано для обробки вуглецевих сталей 40, 45, 50 [27];

$\alpha = 2^\circ$ – задній кут, який рекомендовано приймати для шліцевих протяжок для обробки отворів по 7, 8 квалітету точності [27].

10. Кількість зубців в чорнових секціях:

В першій чорновій секції, як правило приймають: $z_{\text{чор.с.1}} = 2$.

В інших чорнових секціях визначають за формулою [27]:

$$z_{\text{чор.с.}} = \frac{P}{P_{\text{доп.}}} = \frac{C_p \cdot b \cdot n \cdot S_{\text{чор.}}^x \cdot z_i \cdot k_\gamma \cdot k_{\text{зор}} \cdot k_{\text{зн.}}}{P_{\text{доп.}}};$$

де: $C_p = 2020$ – коефіцієнт, який залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу та форми протяжки;

$x = 0,85$ – показник степені при S_z ;

$b = 9$ мм – ширина шліцу;

$n = 10$ – кількість шліців;

$z_i = 6$ – найбільша кількість одночасно працюючих зубців;

$k_\gamma = 0,93$ – поправний коефіцієнт на величину переднього кута;

$k_{\text{зор}} = 1$ – поправний коефіцієнт, що враховує вид ЗОР;

$k_{\text{зн.}} = 1,15$ – поправний коефіцієнт, що враховує зношування інструменту.

$$z_{\text{чор.с.}} = \frac{2020 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 0,13^{0,85} \cdot 6 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1,15}{180000} = \frac{205957,6}{180000} = 1,14.$$

Приймаємо: $z_{\text{чор.с.}} = 2$

11. Розподіл припуску.

Загальний припуск на обробку дорівнює:

$$A_o = D_{\text{max}} - \delta - D_0 = 55 - 0,01 - 47 = 7,99 \text{ мм.}$$

де: $\delta = 0,01$ – залишкова деформація після проходження калібруючих зубців.

Припуск на перехідні зубці рекомендується – $A_{\text{о пер.}} = 0,24$ мм., число секцій – $i_{\text{пер.}} = 2$. Припуск на числові зубці при протягуванні по 7-му квалітету точності рекомендується $A_{\text{о чист.}} = 0,14 \dots 0,15$ мм [27].

Тоді припуск на чорнову обробку визначаємо за формулою:

$$A_{\text{о чор.}} = A_o - (A_{\text{о пер.}} + A_{\text{о чист.}}) = 7,99 - (0,24 + 0,15) = 7,6 \text{ мм.}$$

Припуск на першу чорнову двохзубу секцію:

$$A_{o \text{ чор.1}} = \frac{1,8 \cdot S_{\text{чор.}}}{z_{\text{чор.с.}}} = \frac{1,8 \cdot 0,13}{2} = 0,117 \text{ мм.}$$

12. Кількість чорнових секцій (без першої) визначаємо за формулою:

$$i_{\text{чор.}} = \frac{A_{o \text{ чор.}} - A_{o \text{ чор.1}}}{2 \cdot S_{\text{чор.}}} = \frac{7,6 - 0,117}{2 \cdot 0,13} = 28,78.$$

Приймаємо: $i_{\text{чор.}} = 29$.

Кількість зубців в чорновій секції розраховуємо за формулою:

$$z_{\text{чор.}} = z_{\text{чор.1}} + z_{\text{чор.с.}} \cdot i_{\text{чор.}} = 2 + 2 \cdot 29 = 60.$$

Загальна довжина чорнової секції:

$$l_{\text{чор.}} = z_{\text{чор.}} \cdot t = 60 \cdot 12 = 720 \text{ мм.}$$

13. Кількість перехідних секцій та підйом на них приймаємо по [27].

$i_{\text{пер.}} = 2$ – кількість перехідних секцій;

Підйом на першу перехідну секцію рекомендовано приймати у два рази меншим за підйом чорнових секцій:

$$S_{\text{пер.1}} = \frac{S_{\text{чор.}}}{2} = \frac{0,13}{2} = 0,07 \text{ мм,}$$

І поступово зменшувати до останньої $S_{\text{пер.}n} = 0,03 \dots 0,05 \text{ мм.}$

Довжину перехідної секції визначаємо за формулою:

$$l_{\text{пер.}} = i_{\text{пер.}} \cdot z_{\text{пер.}} \cdot t = 2 \cdot 2 \cdot 12 = 48 \text{ мм.}$$

14. Кількість чистових зубців та їх крок визначаємо за формулами:

$$z_{\text{чист.}} = \frac{A_{o \text{ чист.}}}{2 \cdot S_{\text{чист.}}} = \frac{0,15}{2 \cdot (0,02 \dots 0,01)} = 3,75 \dots 7,5:$$

де: $S_{\text{чист.}} = 0,02 \dots 0,01 \text{ мм}$ – підйом на чистових секціях.

Приймаємо: $z_{\text{чист.}} = 7$.

$$t_{\text{чист.}} = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ мм;}$$

Приймаємо: $t_{\text{чист.}} = 8 \text{ мм.}$

15. Визначаємо розміри стружкових канавок (рис. 15) для чистової секції за [27].

$$q = 3 \text{ мм}; R = 5 \text{ мм}; h_0 = 3 \text{ мм}; r = 1,5 \text{ мм}; F_a = 7,07 \text{ мм}^3.$$

Задній кут на чистових секціях – $\alpha = 2^\circ 30'$.

16. Довжину чистової частини визначаємо за формулою:

$$l_{\text{чист.}} = z_{\text{чист.}} \cdot t_{\text{чист.}} = 7 \cdot 8 = 56 \text{ мм.}$$

17. Калібруюча частина.

Діаметр калібруючої частини дорівнює:

$$D_6 = D_{\text{max}} - \delta = 55 - 0,01 = 54,99 \text{ мм};$$

Кількість зубів калібруючої частини для отримання 7, 8 квалітетів точності приймаємо [27]:

$$z_{\text{кал.}} = 7 \dots 8. \text{ Приймаємо: } z_{\text{кал.}} = 8.$$

Довжину калібруючої частини визначаємо за формулою:

$$l_{\text{кал.}} = z_{\text{кал.}} \cdot t_{\text{кал.}} = 8 \cdot 8 = 64 \text{ мм};$$

де: $t_{\text{кал.}} = (0,6 \dots 0,7) \cdot t = (0,6 \dots 0,7) \cdot 12 = 7,2 \dots 8,4 \text{ мм.}$ – крок калібруючих зубів.

Калібруючу частину виконуємо з циліндричною стрічкою 0,2 мм та заднім кутом – $\alpha_{\text{кал.}} = 1^\circ$.

18. Лінійні та діаметральні розміри протяжки (рис. 13).

$$l_1 = 160 \text{ мм} – \text{довжина хвостовика};$$

$$l_2 = 180 - 160 = 20 \text{ мм} – \text{довжина перехідної частини хвостовика};$$

$$l_3 = 65 \text{ мм} – \text{довжина перехідного конуса};$$

$$l_4 = l_{\text{отв.}} = 70 \text{ мм} – \text{довжина передньої напрямної};$$

$$l_7 = 35 \text{ мм} – \text{довжина задньої напрямної};$$

$$l = 315 \text{ мм} – \text{довжина протяжки до першого зуба};$$

$$l = c + l_c + l_a + l_6 + L + 15 = 60 + 100 + 40 + 30 + 70 + 15 = 315 \text{ мм}$$

$$D_1 = d_1 = 40 \text{ е}8 \text{ мм} – \text{діаметр хвостовика};$$

$$D_2 = d_4 = 40_{-1,0}^{-0,5} \text{ мм} – \text{перехідний діаметр хвостовика};$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$D_4 = D_0 = 47$ мм – діаметр передньої напрямної (посадка H7/h7);

$D_7 = D_0 = 47$ мм – діаметр задньої напрямної (посадка H7/h7).

19. Загальна довжина протяжки.

$$L_{\text{п.}} = l + l_5 + l_6 + l_7 = 315 + 720 + 48 + 56 + 64 + 35 = 1238 \text{ мм.}$$

3.3. Побудова тривимірної моделі протяжки

Для зручності побудови тривимірної моделі протяжки зведемо у таблицю 9 розраховані геометричні параметри ріжучої частини.

Таблиця 9

Розраховані геометричні параметри ріжучої частини протяжки

Частина протяжки	Припуск, A , мм	Підйом на секцію, S , мм	Кількість секцій, i	Кількість зубців у секції, z	Кути, α° та γ°	Параметри стружкової канавки, мм
Чорнова	7,6	0,117+0,13	1+29	2	$\alpha = 2^\circ$ $\gamma = 15^\circ$	$t = 12$ мм; $q = 4$ мм; $R = 8$ мм; $h_0 = 5$ мм; $r = 2,5$ мм; $F_a = 19,6$ мм ³ .
Перехідна	0,24	0,07+0,05	2	2	$\alpha = 2^\circ$ $\gamma = 15^\circ$	
Чистова	0,15	0,01	7	1	$\alpha = 2^\circ 30'$ $\gamma = 15^\circ$	$t = 8$ мм; $q = 3$ мм; $R = 5$ мм; $h_0 = 3$ мм; $r = 1,5$ мм; $F_a = 7,07$ мм ³ .
Калібруюча	0	0	8	1	$b = 0,2$ мм $\alpha = 1^\circ$ $\gamma = 15^\circ$	

Джерело: Розраховано та побудовано автором

Розміри хвостових частин наведені у попередньому пункті.

На рисунку 16 представлено побудовану тривимірну модель протяжки.

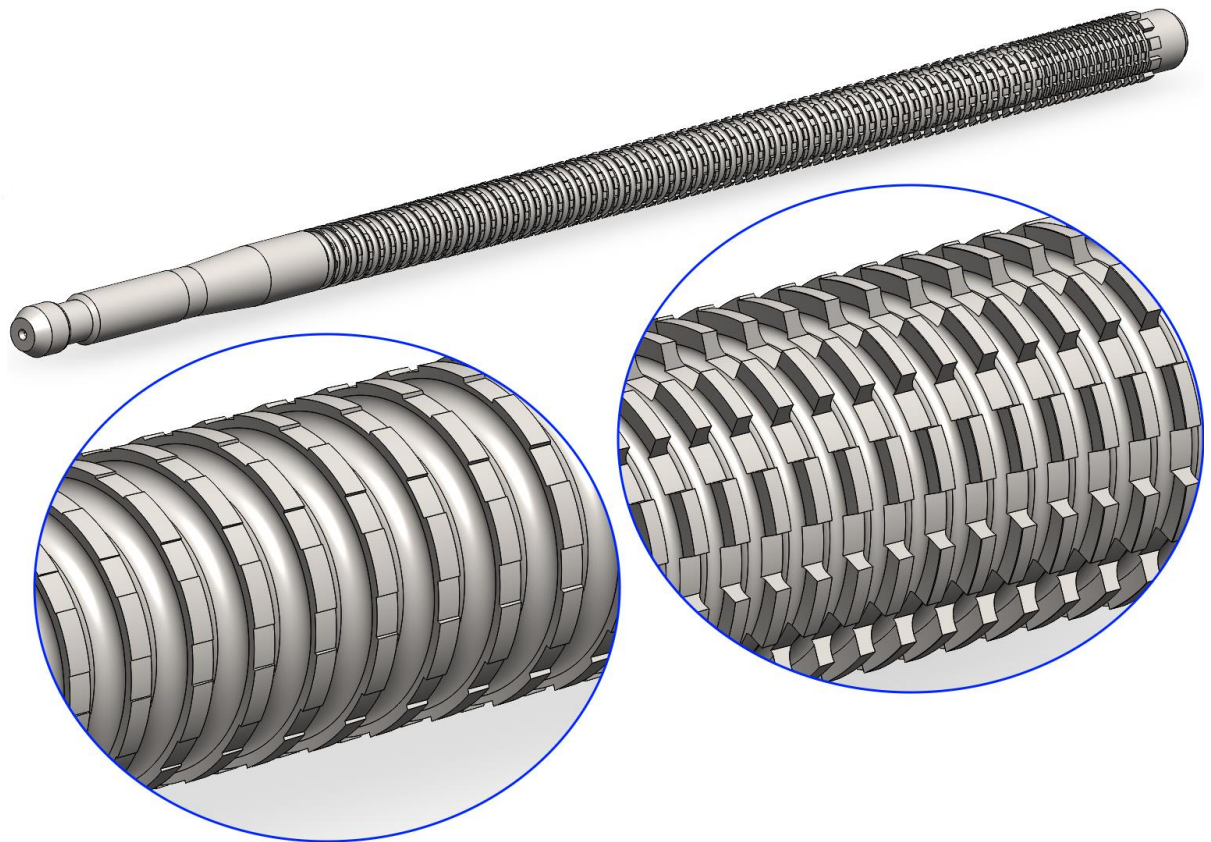


Рис. 16. Тривимірна модель протяжки

3.4. Висновки до третього розділу

У третьому розділі виконано проектування різальної протяжки для обробки шліцьового отвору D–10x47H11x55H7x9F9. Обґрунтовано вибір матеріалу інструмента – швидкорізальної сталі Р6АМ5. Визначено тип та розміри хвостових частин протяжки. Проведено розрахунок припусків на чорнову, перехідну, чистову та калібруючу частини. Розраховано кількість секцій і зубців у кожній частині, а також їхні геометричні параметри. За результатами розрахунків побудовано тривимірну модель протяжки та оформлено її креслення.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи було здійснено комплексне техніко-технологічне опрацювання процесу виготовлення деталі типу «фланець» для кріплення карданного валу автомобіля КрАЗ. У першому розділі систематизовано інформацію щодо призначення та конструктивних особливостей фланцевих деталей, проаналізовано умови їх експлуатації, а також сформовано вимоги до точності та матеріалів. Побудовано тривимірну модель деталі та оформлено робоче креслення, що стало основою для подальшого проектування технологічного процесу.

Проведений літературний та патентний огляд засвідчив високу інженерну активність у напрямку вдосконалення процесів формоутворення фланцевих деталей, зокрема методів штампування.

У другому розділі обґрунтовано вибір способу отримання заготовки методом гарячого штампування в закритих штампах на кривошипному пресі, що забезпечує високу точність і мінімальні припуски. Розроблено маршрут лезової обробки, проведено розрахунок припусків на відповідальні поверхні, визначено режими різання для основних операцій. Розглянуто особливості обробки внутрішніх шліців, зокрема вибір протяжки та необхідність термічної обробки після їх формування.

У третьому розділі спроектовано конструкцію різальної протяжки для обробки шліцевого отвору. Вибрано тип інструмента, матеріал і розміри хвостовика, розраховано геометричні параметри зубців для кожної частини (чорнової, перехідної, чистової та калібрувальної). За підсумками розрахунків побудовано 3D-модель протяжки та виконано її креслення.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ЛІТЕРАТУРА

1. Фланець. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Фланець>
2. Вилки, фланці до автомобільних карданних валів. Режим доступу: <https://gerolcardan.com/Vylky-flanci-do-avtomobilnykh-kardannykh-valiv>
3. Тип фланця та процес виготовлення. Режим доступу: <https://ua.uoepipe.com/news/flange-type-and-manufacturing-process-58903529.html>
4. Технологія виготовлення фланців. Режим доступу: <https://www.hnssd.com/uk/news/production-techniques-of-flanges/>
5. Фланец вала карданного КрАЗ переднього (8отв.) 210-1701240. Режим доступу: <https://krazauto.com.ua/p937275426-flanets-vala-kardannogo.html>
6. КрАЗ Устройство и эксплуатация автомобилей семейства КрАЗ-260 Киев: Кременчуг. 1987р. 170с.
7. Тарасов О. А. Автомобілі. Конструкція і розрахунок трансмісій. — К.: Либідь, 2006. — 320 с.
8. Кузьмін А. М., Савченко С. Ф. Будова і експлуатація автомобілів. — Х.: НТУ "ХПІ", 2011.
9. SolidWorks. Режим доступу: <https://www.solidworks.com/>
10. Савченко С. Ф., Кузьмін А. М. Технологія машинобудування. — Х.: НТУ "ХПІ", 2011.
11. Попович В. В. Проектування технологічних процесів машинобудування.. — Львів: Видавництво ЛНУ, 2015.
12. Цвігун Іван Русланович. "Розробка способу технічного обслуговування карданних шарнірів тракторів john deere в післягарантійний період."

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

13. Патент України на корисну модель №31542. Спосіб виготовлення фланців/ Калюжний В.Л. та інші — №31542, заявл. 19.12.2007, опубл. 10.04.2008, Бюл. № 24.

14. Патент України на корисну модель №104817. Спосіб виготовлення деталей з фланцем/ Алієва Л.І. — №104817, заявл. 30.06.2015, опубл. 25.02.2016, Бюл. № 12.

15. Патент України на корисну модель №116545. Спосіб виготовлення деталей з фланцем/ Алієва Л.І. та інші — №116545, заявл. 06.12.2016, опубл. 25.05.2017, Бюл. № 23.

16. Сталь 45. Режим доступу: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-45>

17. Характеристики матеріалу 45. Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=87

18. AIDA NC1-E SERIES. Режим доступу: <https://clvn.com.vn/ja/products/AIDA/aida-nc1-e-series.html>

19. Красовський М.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. - Курсове проектування з технології машинобудування, 2010. - 234 с.

20. Технологія машинобудування. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 97 с.

21. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 1/Под ред. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 1-е изд. – М.; Машиностроение, 1985. – 665 с.

					MI 131.00.1/Б 102/с 062 00-ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 2/Под ред. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 2-е изд. – М.; Машиностроение, 1985. – 495 с.

23. ГОСТ 7505-89 Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски.

24. Мельничук П.П., Полонський Л.Г., Сєров В.В. і др. - Збірник задач і вправ з технології машинобудування, 2001. - 316 с.

25. Методичні рекомендації для підготовки, виконання та захисту бакалаврських кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійна програма «Прикладна механіка» [Електронне видання]. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. – 35 с.

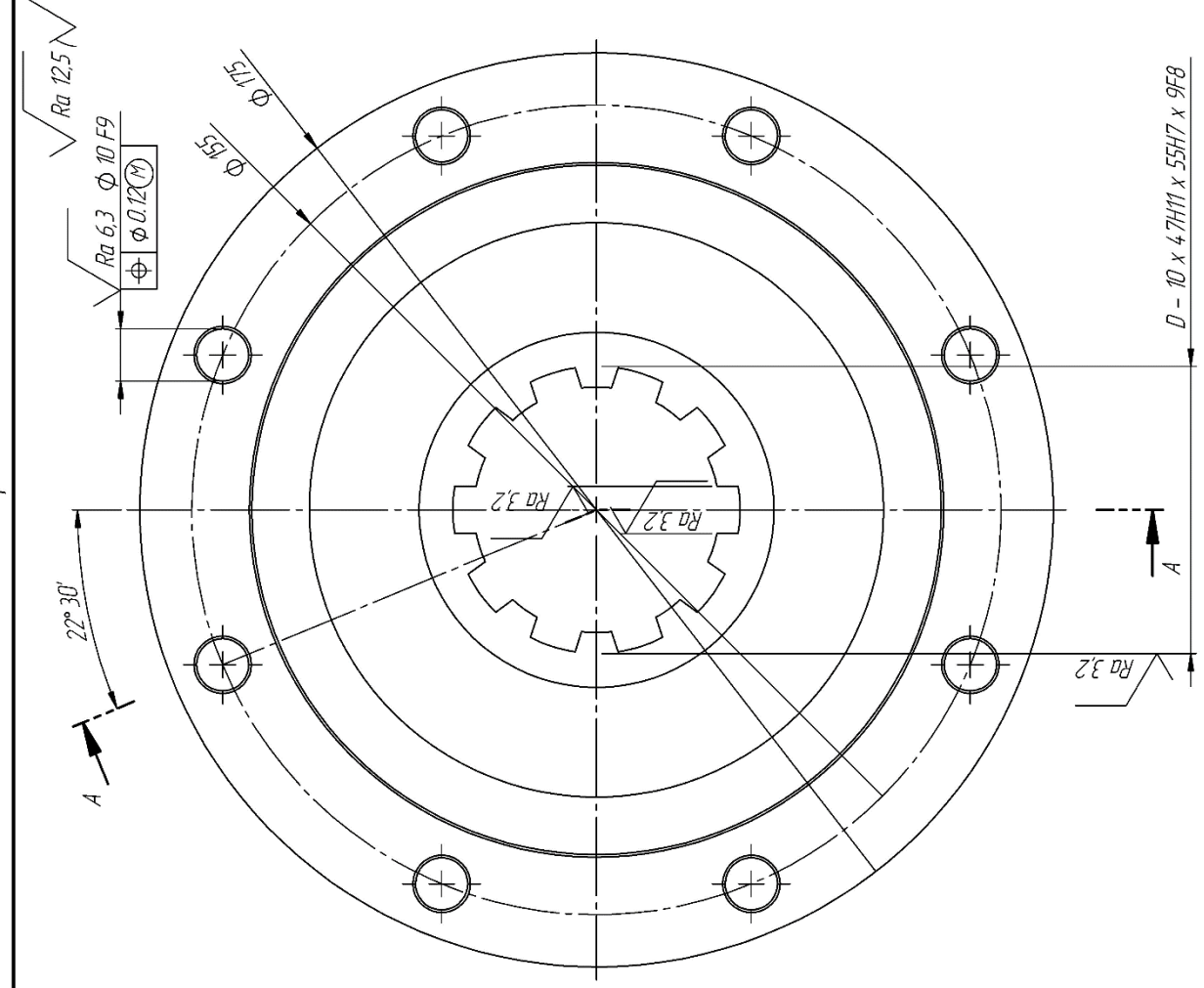
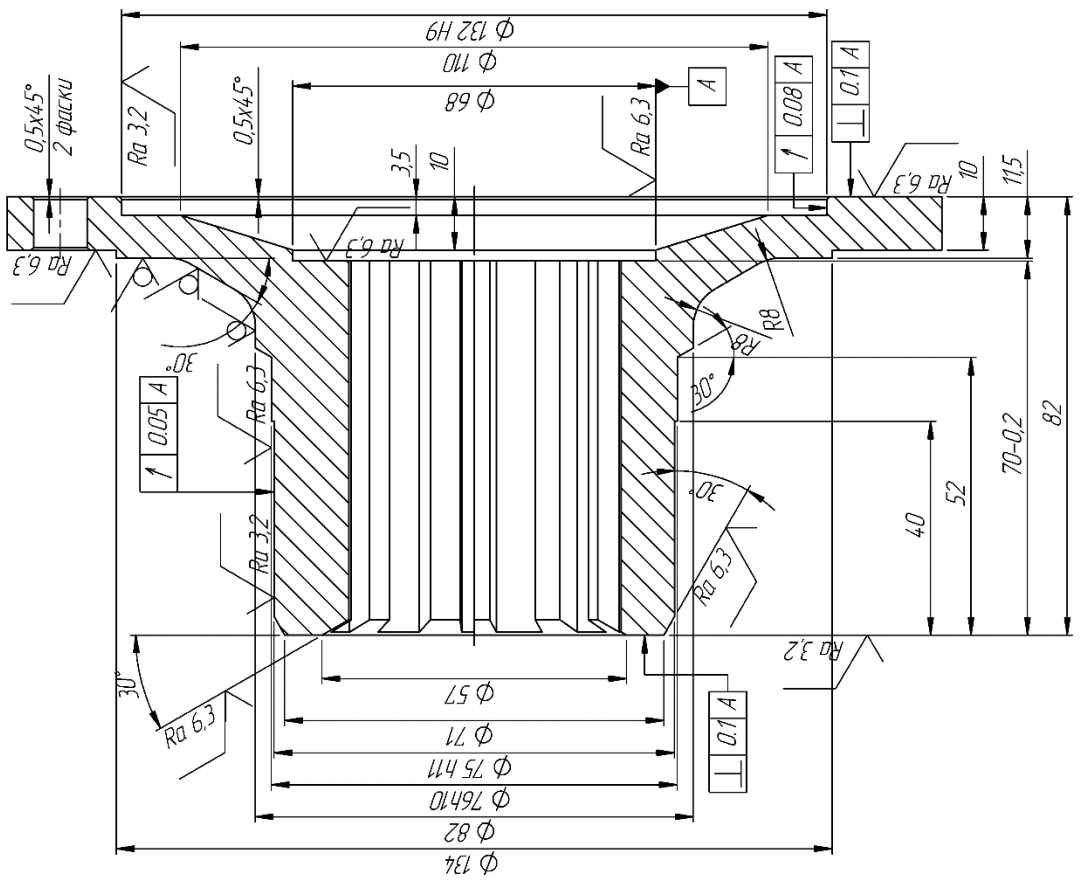
26. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник / під ред. Кириловича – Житомир: ЖІТІ, 2001.

27. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. /Под ред. Е.Э. Фельдштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с., ил. ISBN 985-452-052-8

ДОДАТКИ

MI 13100.1/Б 102/с 062 01-КД

А-А

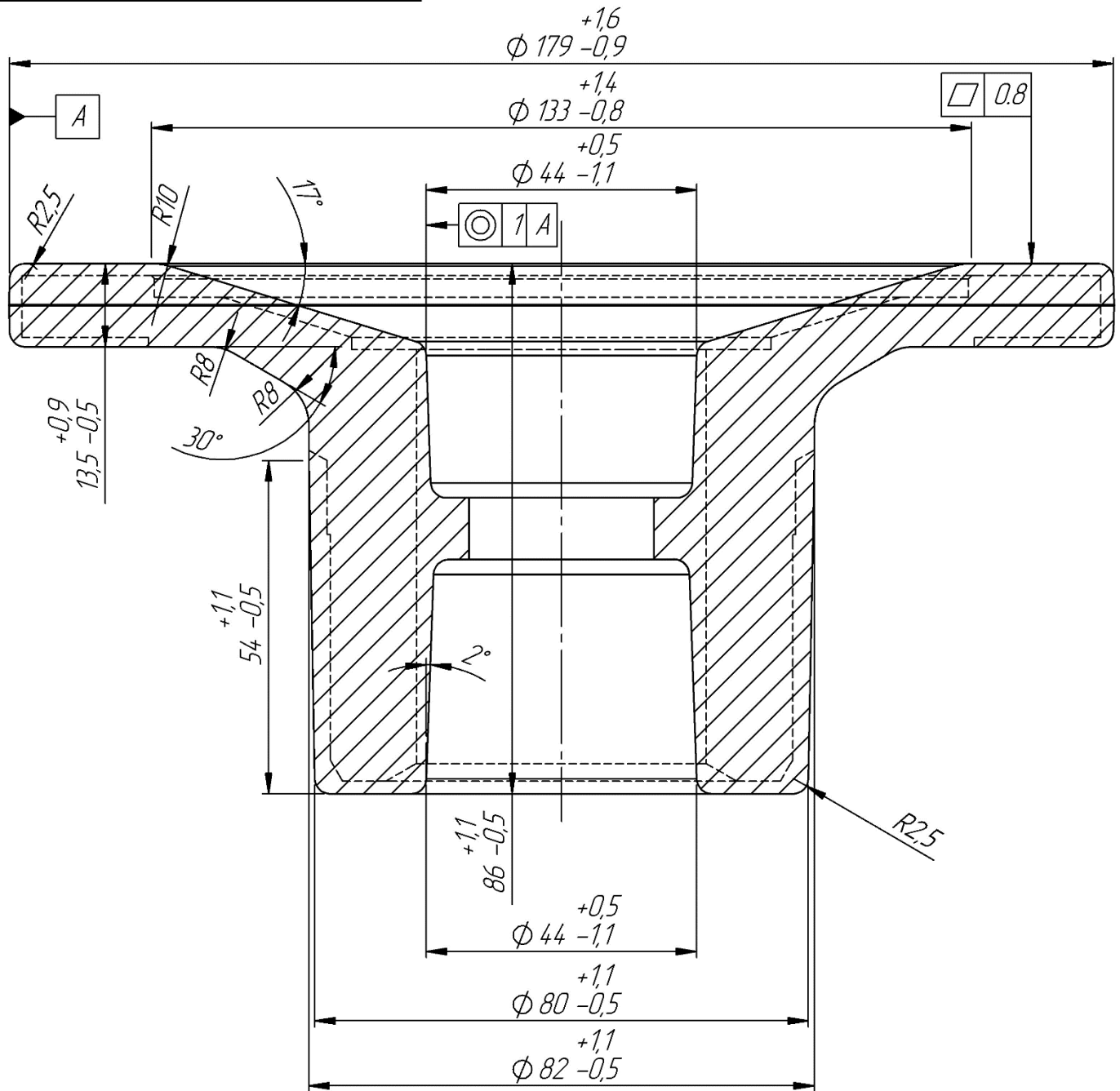


- 1. Невказані граничні відхилення розмірів: отвори – Н14, валів – h14, інших ±IT14/2;
- 2. Термообробка отвору під шлиці: Твердість 241...269 НВ;
- 3. Зняти задирки і притупити гострі кромки.

MI 13100.1/Б 102/с 062 01-КД				Літ.		Маса	Масштаб
Фланець						2.78	1:1
Сталь 45 ДСТУ 7809:2015				Аркуш 1		Аркушів 1	
						Державний університет	
						"Житомирська політехніка"	
						група ЕПМК-23	
						Формат А3	

MI 131.00.1/Б 102/с 062 02-К3

$\sqrt{Rz\ 50}$



1. Нерівномірність припусків за EN 10243-1:1999;
2. Після штампування поковку очистити від окалини дробеструменевим або пікоструменевим способом;
3. Невказані граничні відхилення за EN 10243-1:1999 клас точності F;
4. На поверхні поковки не допускаються тріщини, підриви, складки, включення шлаку та інші дефекти, що знижують якість обробки.

MI 131.00.1/Б 102/с 062 02-К3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Разраб.		Ляшук Д.В.		
Пров.		Отманський В.В.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Зат.		Мельник О.Л.		

Заготовка
(штамповка)

Сталь 45 ДСТУ 7809:2015

Літ.	Маса	Масштаб
	4,28	1:1
Аркуш 1		Аркушів 1
Державний університет "Житомирська політехніка" група ЗПМК-23		

