

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені Адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д-р техн. наук, професор М. Р. Ткач

«___» _____ 2026 р.



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: «Проектування технології виготовлення
шестерні ведучої ($m=9,25$ мм; $z=9$; $L=300$ мм)»

Галузь знань	13 «Механічна інженерія»
Спеціальність	131 «Прикладна механіка»

Студент групи 4267ст3

Телешов А. А.
(Прізвище та ініціали)



Керівник



Ткач М. Р.
(Прізвище та ініціали)

Миколаїв 2026

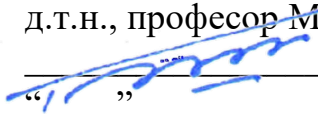
Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

Інститут _____ Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра _____ Інженерної механіки та технології машинобудування
Освітній рівень _____ Бакалавр
Спеціальність _____ 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ «Технології машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ


_____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент _____ Телешов Артем Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Проектування технології виготовлення шестерні ведучої ($m = 9,25$ мм; $z = 9$; $L = 300$ мм)“

керівник роботи д.т.н., проф. Ткач М.Р.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22”04.2026р. № 291-уч

2. Строк подання студентом роботи _____ 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарти; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Загальний розділ: Призначення деталі, аналіз технологічності деталі, характеристика властивостей матеріалу, вибір типу виробництва.

2) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

3) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

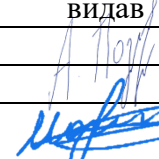
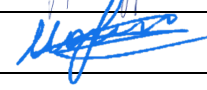
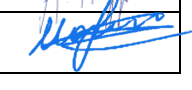
4) Охорона праці та навколишнього середовища – Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій, планування дільниці цеху,

6. Консультанти розділів проекту

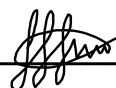
7. Дата видачі завдання

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	к.т.н., доц.Познанський А.С.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Моргун С.О.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.03.2026	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 2)	15.04.2026	
3	Оформлення конструкторського розділу (3)	25.04.2026	
4	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (4)	25.05.2026	
5	Оформлення креслень	25.05.2026	
	Перевірка на плагіат	1-10.06.2026	
6	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	1-9.06.2026	
9	Затвердження КРБ на кафедральному перегляді (ПЗ , креслення у форматі А1)	10-16.06.2026	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	12-16.06.2026	
11	Затвердження КРБ зав.кафедрою (подання, анотація)	12-16.06.2026	
12	Рецензування	16-22.06.2026	

Студент
(підпис)



Телешов А.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)



Ткач М.Р.
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

Анотація

В кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення шестерні ведучої ($m=9,25$ мм; $z=9$; $L=300$ мм)» визначено службове призначення деталі та надано характеристику матеріалу, з якого її виготовляють. У проєкті обґрунтовано вибір типу виробництва, методу отримання заготовки, технологічних баз, а також підбір верстатного обладнання, різального та контрольно-вимірювального інструментів. На основі цього розроблено послідовний технологічний процес виготовлення виробу.

Розрахункова частина містить визначення витрат на матеріали, аналітичний розрахунок припусків для однієї з поверхонь, встановлення оптимальних режимів різання та технічне нормування операцій.

Конструкторський розділ присвячено проектуванню круглого фасонного різця, затискного станочного пристосування. Додатково проведено аналіз умов виробничого середовища і сформульовано загальні вимоги з техніки безпеки під час роботи на верстатах.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана українською мовою на 79 аркушах розрахунково-пояснювальної записки. Використано 14 літературних джерел. Графічна частина представлена на 2 кресленнях формату A1 та на 3 кресленнях формату A2.

Ключові слова: шестерня ведуча, технологічний процес, механічна обробка, технологія виготовлення, режими різання.

Abstract

In the bachelor's qualification work on the topic "Design of the technology for manufacturing a driving gear ($m=9.25$ mm; $z=9$; $L=300$ mm)", the service purpose of the part is determined and the characteristics of the material from which it is made are given.

The project justifies the choice of the type of production, the method of obtaining the workpiece, technological bases, as well as the selection of machine equipment, cutting and control and measuring tools. Based on this, a sequential technological process for manufacturing the product is developed.

The calculation part contains the determination of material costs, analytical calculation of allowances for one of the surfaces, establishment of optimal cutting modes and technical standardization of operations.

The design section is devoted to the design of a round shaped cutter, a clamping machine tool fixture. Additionally, an analysis of the conditions of the production environment is carried out and general safety requirements are formulated when working on machine tools.

The bachelor's qualification work is written in Ukrainian on 79 sheets of calculation and explanatory notes. Fourteen literary sources are used. The graphic part is presented on 2 drawings of A1 format and 3 drawings of A2 format.

Keywords: driving gear, manufacturing process, machining, manufacturing technology, cutting parameters.

Зміст

Вступ	8
1. Загальний розділ	11
1.1. Призначення деталі	11
1.2. Аналіз технологічності деталі.....	12
1.3. Аналіз властивостей матеріалу.....	15
1.4. Вибір типу виробництва.....	16
2. Технологічний розділ	18
2.1. Вибір виду і методу виготовлення заготовок.....	18
2.2. Розрахунок собівартості виготовлення заготовок.....	24
2.3. Розробка маршруту механічної обробки деталі.....	26
2.4. Вибір технічного устаткування.....	28
2.5. Вибір Ріжучого інструменту.....	35
2.6. Вибір вимірювального інструменту.....	35
2.7. Розрахунок припусків на одну з поверхонь деталі розрахунково-аналітичним методом.....	35
2.8. Розрахунок режимів різання та норм часу на токарно-чорнову операцію.....	39
3. Конструкторський розділ.....	49
3.1. Розрахунок спеціального пристосування.....	49
3.2. Розрахунок та проектування спеціального металорізального інструменту.....	56
4. Охорона праці.....	69
4.1. Вимоги безпеки перед початком робіт на верстаті.....	69
4.2. Вимоги безпеки під час роботи з верстатом.....	70
4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи на верстаті.....	71
4.4. Охорона навколишнього середовища на ділянці.....	72

4.5. Утилізація стружки.....	72
4.6. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	73
4.7. Заходи цивільного захисту на ділянці в умовах воєнного стану.....	74
4.8. Пожежна безпека на верстатній ділянці.....	75
Вивновки.....	76
Література.....	77

Вступ

Сучасний розвиток народного господарства України значною мірою визначається рівнем розвитку важкої промисловості. Однією з ключових галузей є машинобудування, оскільки саме воно забезпечує технічне оснащення інших сфер виробництва та сприяє підвищенню їх ефективності. У зв'язку з цим темпи розвитку машинобудування випереджають загальні темпи зростання промисловості. Перед галуззю стоять важливі завдання: підвищення технічного рівня і якості продукції, створення сучасного обладнання для впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також розвиток комплексної автоматизації виробничих процесів на основі досягнень науково-технічного прогресу. Це дозволяє збільшити продуктивність праці, забезпечити високу якість продукції та покращити умови праці працівників.

Підвищення ефективності машинобудівного виробництва нерозривно пов'язане з удосконаленням організації виробничих процесів шляхом широкого використання потокових методів виробництва. Їх застосування створює умови для раціонального поділу праці, комплексної механізації та автоматизації, що позитивно впливає на продуктивність праці, якість виробів і зниження собівартості продукції.

Важливим чинником розвитку машинобудівної промисловості є активне впровадження досягнень науки та техніки у виробництво. Розробка й використання інноваційних технологій спрямовані на підвищення якості готових виробів, створення більш досконалих машин, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення безпечних і комфортних умов праці.

У даній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шестерня ведуча». На початковому етапі виконується проектування заготовки, яка повинна відповідати умовам заданого типу виробництва. У цьому випадку заготовка отримується методом штампування. Попередні розміри визначаються залежно від способу виготовлення, а остаточні — уточнюються в процесі розмірного аналізу. Надалі розробляється технологічний процес, який забезпечує

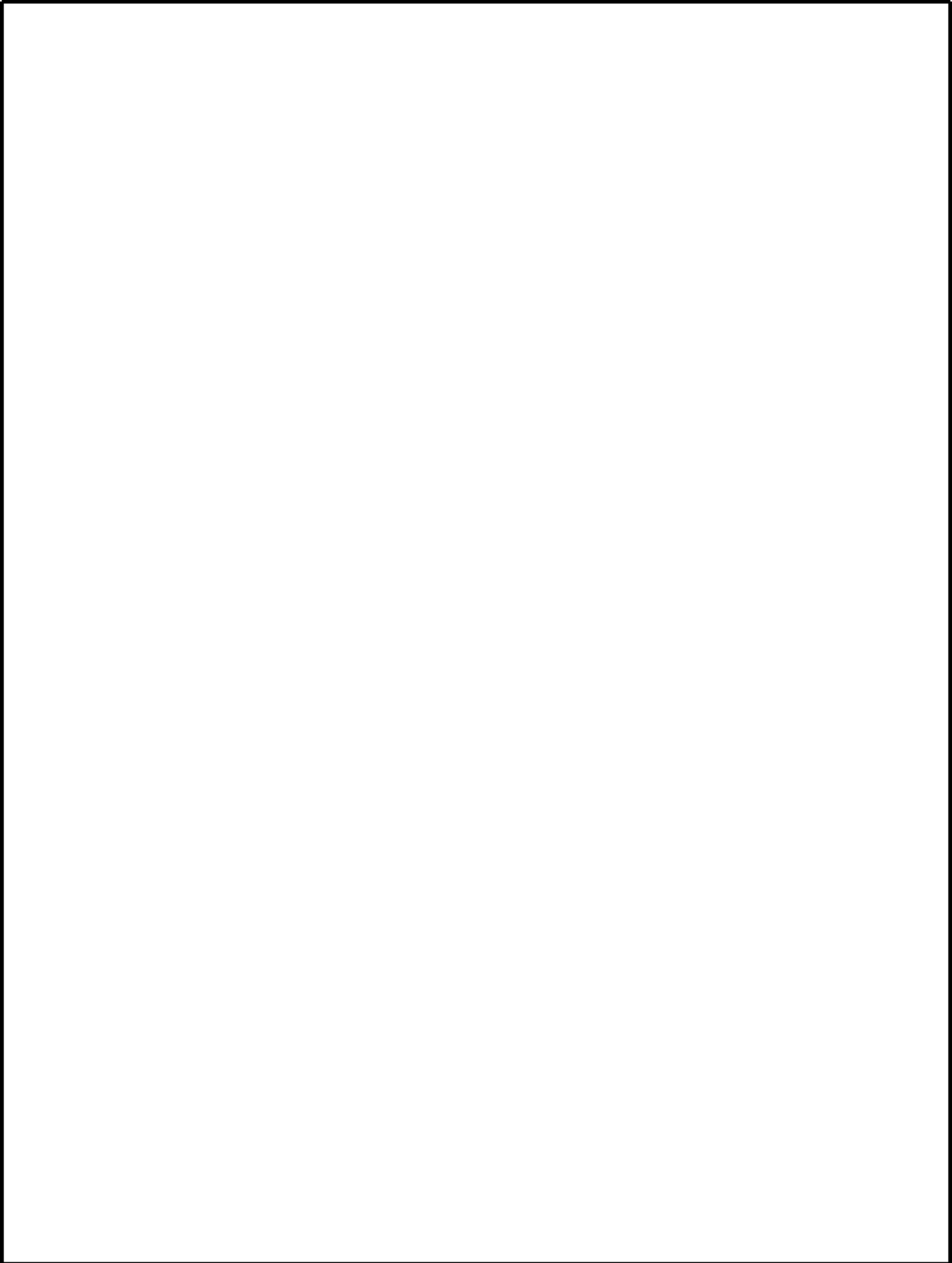
					4267ст3.12.КРБ.05.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		7

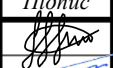
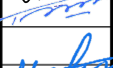
виконання всіх вимог креслення щодо точності та шорсткості поверхонь. Для цього проводиться розмірний аналіз, за результатами якого встановлюється відповідність параметрів обробки конструкторським вимогам. Крім того, у проекті здійснюється оцінка технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

Проектування технологічних операцій є складним і відповідальним процесом. Вибір оптимального варіанта здійснюється на основі техніко-економічних показників з урахуванням забезпечення високої продуктивності та мінімальних витрат часу й коштів.

Використання сучасних високопродуктивних методів обробки, які гарантують високу точність і якість деталей, застосування способів зміцнення робочих поверхонь для підвищення довговічності виробів, а також ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з ЧПК та комп'ютерної техніки спрямовані на вирішення основних завдань машинобудування — підвищення ефективності виробництва та якості продукції.

Для забезпечення конкурентоспроможності продукції необхідно постійно вдосконалювати існуючі та розробляти нові технології, модернізувати підприємства й виробничі цехи, а також впроваджувати прогресивні технологічні процеси.



					4267ст3.12.КРБ.05.01.ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Загальний розділ			Літера	Лист	Листів	
Студент	Телешов А. А.									9	15
Керівник	Ткач М. Р.										
Консульт.											
Н. Контр.	Морзун С. О.										
Затверд.								НЧК Ім. Адм. Макарова			

1. Загальна частина

1.1. Призначення деталі

Шестерня ведуча є важливою деталлю машинобудування, яка поєднує в собі функції вала та зубчастого колеса. Основне призначення валу-шестерні полягає у передачі обертального руху і крутного моменту між окремими вузлами та механізмами машини. Завдяки наявності зубчастого вінця вал-шестерня входить у зачеплення з іншими зубчастими колесами, забезпечуючи зміну швидкості обертання, напрямку руху та величини крутного моменту.

Основним призначенням шестерні ведучої є забезпечення стабільної та безперервної роботи механічної передачі. Деталь служить для ефективної передачі енергії від ведучого механізму до веденого, забезпечуючи необхідні параметри роботи обладнання. У процесі експлуатації шестерня ведуча дозволяє знижувати або підвищувати частоту обертання, змінювати навантаження на робочі органи машин та забезпечувати синхронну роботу окремих вузлів механізму. Завдяки поєднанню двох функцій в одній деталі зменшується кількість складальних елементів, підвищується компактність конструкції та надійність роботи передачі.

Крім передачі руху, шестерня ведуча виконує також опорну функцію, оскільки на ній можуть встановлюватися підшипники, муфти, втулки та інші елементи механізму. У багатьох конструкціях вал-шестерня є основною деталлю приводу, від якої залежить узгоджена робота всього механізму. Такі деталі широко застосовуються у редукторах, коробках передач автомобілів, приводах металорізальних верстатів, насосах, компресорах, транспортних і сільськогосподарських машинах.

Під час роботи шестерня ведуча сприймає значні навантаження: кручення, згин, вібрації та контактні напруження у зоні зачеплення зубців. Саме тому до цієї деталі висуваються високі вимоги щодо міцності, жорсткості, точності виготовлення та зносостійкості. Від точності зубчастої поверхні залежить плавність роботи передачі, рівень шуму та довговічність механізму.

.

					4267ст3.12.КРБ.05.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		10

1.2. Аналіз технологічності деталі

Одним із чинників, що суттєво впливає на характер технологічного процесу виготовлення, є технологічність конструкції деталі та її складових елементів. Конструкція виробу повинна не лише забезпечувати необхідні експлуатаційні вимоги, але й відповідати умовам його найбільш економічного виготовлення. Чим нижчі трудомісткість і собівартість виготовлення деталі, тим вищим є рівень її технологічності. У зв'язку з цим розробці технологічного процесу передують обов'язкове відпрацювання конструкції деталі на технологічність.

Аналіз технологічності конструкції може виконуватися у двох формах: якісній і кількісній. Якісна оцінка технологічності характеризує конструкцію деталі узагальнено, спираючись на досвід виконавця. Така оцінка значною мірою залежить від кваліфікації та практичного досвіду розробника технологічного процесу.

Кількісна оцінка технологічності визначається числовими показниками і не залежить від суб'єктивного фактора виконавця, що дозволяє більш об'єктивно оцінити конструкцію деталі.

Якісна оцінка технологічності :

Проектована в даній роботі деталь шестерня ведуча – складається переважно з поверхонь тіл обертання та зубчастого вінця, а також може містити шліцьові, шпонкові, торцеві та посадочні поверхні. Конструкція деталі є типовою для машинобудування, що дозволяє застосовувати відомі та відпрацьовані технологічні процеси механічної обробки, зокрема токарні, фрезерні та зубонарізні операції. Це забезпечує можливість виготовлення деталі з використанням стандартного обладнання та інструменту, що позитивно впливає на її технологічність.

Для кількісного аналізу технологічності винесемо у табл.1.1 усі розміри з квалітетами точності, граничними відхиленнями, класом шорсткості та параметри шорсткості.

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі виконується по трьом показникам :

- коефіцієнт уніфікації;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості.

Таблиця 1.1

№	Найменування поверхонь	Квалітет точності	Клас шорсткості	Параметр шорсткості
1	Різьба М36х1,5-6g	6	6	1,25
2	2 отвори Ø6,3	14	4	5
3	Зовнішній Ø65 k6	6	6	1,25
4	Зовнішній Ø65h9	9	6	2,5
5	Зовнішній Ø60h6	6	6	1,25
6	Зовнішній Ø70k6	6	6	1,25
7	Зовнішній Ø85h9	9	6	2,5
8	Конічне колесо Ø107h8	8	6	1,25
9	Лиска L = 35	8	6	1,25
10	Лиска L = 22	8	6	1,25
11	Фаска 1,6x45	14	4	5
12	Фаска 2x45	14	4	5
13	Фаска 1,5x60	14	4	5
14	Фаска 3x1	14	4	5
15	Фаска 4,3x30	14	4	5
16	Канавка Ø70	14	4	5
17	Канавка Ø36	14	4	5
18	Торець L=17	14	4	5
19	Торець L=283	14	4	5
20	Торець L=219	14	4	5
21	Торець L=192	14	4	5
22	Посадкова поверхня L=51	6	6	1,25
23	Посадкова поверхня L=54	6	6	1,25
24	Посадкова поверхня L=76	6	6	1,25
25	Посадкова поверхня L=48	6	6	1,25
26	Плоскість L=55	14	4	5

Коефіцієнт уніфікації розраховується за формулою:

$$K_y = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}, \text{ де}$$

$Q_{y.e.}$ – кількість уніфікованих конструктивних елементів (різьби, фаски, отвори), $Q_{y.e.} = 21$; Q_e – загальна кількість елементів деталі, $Q_e = 27$.

Підставляємо значення до формули:

$$K_y = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{21}{27} = 0,77$$

Так як $K_y > 0.6$ – конструкція деталі технологічна.

Коефіцієнт точності розраховується за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \text{ де}$$

A_{cp} – середній квалітет точності

$$A_{cp} = \frac{8 \cdot 6 + 2 \cdot 9 + 3 \cdot 8 + 13 \cdot 14}{26} = 10,15$$

Знайдений середній квалітет точності, $A_{cp} = 10,15$, підставляємо у

Формулу:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{10,15} = 0,9$$

Так як $K_T > 0.8$ – конструкція деталі технологічна.

Коефіцієнт шорсткості деталі розраховується за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}}, \text{ де}$$

B_{cp} – середній параметр шорсткості конструкції деталі:

$$B_{cp} = \frac{4 \cdot 14 + 6 \cdot 13}{26} = 4,92$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}} = 1 - \frac{1}{4,92} = 0,8$$

Так як $K_{ш} > 0.16$ – конструкція деталі технологічна.

На основі двох основних видів оцінки технологічності – проєктована деталь є технологічною.

1.3 Аналіз властивостей матеріалу

Матеріал деталі вал-шестерня – високоякісна конструкційна легована хромнікелева сталь 20ХН3А, яка має твердість 156...229 НВ в стані постачання.

В таб. 1.2 хімічний склад сталі 20ХН3А ГОСТ 4543-71

таб. 1.2

Елемент	Відсоток, %
Вуглець	0.2
Кремній	0.17-0.37
Марганець	0.6-0.9
Хром	0.3-0.6
Нікель	2.75-3.25
Фосфор	0.025
Сірка	0.015
Залізо	Все інше

Межа плинності $\sigma_T = 90 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$; тимчасовий опір $\sigma_B = 110 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$; відносне подовження $\delta = 12\%$; відносне звуження поперечного перерізу $\varphi = 50\%$; ударна в'язкість $\alpha_H = 8 \frac{\text{кгс} \cdot \text{м}}{\text{см}^2}$;

Сталь 20ХН3А використовується для відповідальних цементованих деталей, що працюють під ударними навантаженнями, при негативних температурах і вимагають високої твердості поверхневої при в'язкому серцевині. Застосовується для виробництва шестерень, валів, втулок, силових шпильок, болтів та муфт.

1.4 Вибір типу виробництва

У машинобудуванні розрізняють три основні типи виробництва: одиничне, серійне та масове. Віднесення виробництва до певного типу залежить від номенклатури виробів, обсягу випуску, ступеня спеціалізації робочих місць та характеру переміщення деталей у процесі виготовлення.

З урахуванням маси деталі та реальних можливостей виробництва, річну програму випуску приймаємо рівною 15000 шт. За цих умов виробництво відноситься до серійного типу.

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури виробів, які випускаються періодично повторюваними партіями або у значних обсягах. У такому виробництві застосовується переважно високопродуктивне обладнання, використовуються переналагоджувані пристрої, універсальний та спеціалізований ріжучий і вимірювальний інструмент, що дозволяє підвищити продуктивність праці та якість обробки деталей.

Порівняно з одиничним виробництвом, у серійному значно скорочується виробничий цикл виготовлення продукції, а також знижується її собівартість. Продукцією серійного виробництва є вироби встановленого типу, які мають широке застосування в різних галузях машинобудування.

Залежно від кількості виробів у партії серійне виробництво поділяють на дрібносерійне, середньосерійне та крупносерійне. За рівнем механізації та автоматизації крупносерійне виробництво наближається до масового, тоді як дрібносерійне — до одиничного.

					4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Технологічний розділ	Літера	Лист	Листів	
Студент	Телешов А. А.							16	46
Керівник	Ткач М. Р.								
Консульт.									
Н. Контр.	Морзун С. О.								
Затверд.						НУК Ім. Адм. Макарова			

2. Технологічний розділ

2.1 Вибір виду і методу виготовлення заготовок

Методом штамповки

Тип заготівельного виробництва – серійний (15000шт). Вибираємо спосіб штампування виходячи з призначення деталі. Деталь Вал - Шестерня призначена для передачі крутного моменту та обертального руху між валами у складі зубчастої передачі механізму. Вона забезпечує зміну швидкості обертання, крутного моменту та, за необхідності, напрямку руху залежно від параметрів зачеплення з іншою шестернею. З цих вимог обираємо штампування на горизонтально-ковочній машині (ГКМ).

Для встановлення припусків та величини допусків необхідно визначити ряд параметрів.

Клас точності поковки встановлюється в залежності від технологічного процесу і обладнання для її виготовлення. При штампі на (ГКМ)- клас точності штамповки Т3

Група сталі умовно позначається М1, М2 і М3. До групи М1 відноситься вуглецеві або леговані сталі з вмістом вуглецю до 0.35% і легуючих елементів до 2% включно. До групи М2 – сталі з вмістом вуглецю від 0.35 до 0.65% або легуючих елементів від 2 до 5 % включно. До групи М3 – сталі з вмістом вуглецю більше 0.65 або легуючих елементів більше 5%.

Приймаємо групу сталі – М2.

Ступінь складності поковки для розглянутої деталі – С2.

Розміри фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка:

$$G_{\phi} = 1,03^3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot 7,85 = 23128 \text{ г} = 23,1 \text{ кг}$$

$$C = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\phi}} = \frac{9,1}{23,1} = 0,4$$

Конфігурацію поверхні розняття штампі приймаємо плоскою для прощення конфігурації штампі.

В залежності від групи сталі, ступеню складності, класу точності поковки встановлюємо початковий індекс – і=13

					4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		17

Основні припуски на номінальні розміри деталі визначаємо з урахуванням початкового індексу і шорсткості деталі.

Припуски на механічну обробку наведені у табл.2.1

Таблиця 2.1

Розмір, мм	Припуск, мм
Ø107	2
Ø85	2
Ø70	2
Ø65	2
Ø60	2
Ø35	1,9
Ø36	1,9
300	2,7
48	2

Додаткові припуски, які враховують:

$Z_{\text{доп}} = 0,3\text{мм}$ – на зсування половин штампа

$Z_{\text{доп}2} = 0,5\text{мм}$ -на зігнутість кованок.

Визначаємо розміри поковки:

$\text{Ø}107 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}112,6$, приймаємо $\text{Ø}112,5$ мм;

$\text{Ø}85 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}90,6$, приймаємо $\text{Ø}90,5$ мм;

$\text{Ø}70 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}75,6$, приймаємо $\text{Ø}75,5$ мм;

$\text{Ø}65 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}70,6$, приймаємо $\text{Ø}70,5$ мм;

$\text{Ø}60 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}65,6$, приймаємо $\text{Ø}65,5$ мм;

$\text{Ø}35 + (1,9 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}40,4$, приймаємо $\text{Ø}40$ мм;

$\text{Ø}36 + (1,9 + 0,3 + 0,5) * 2 = \text{Ø}41,4$, приймаємо $\text{Ø}41$ мм;

$48 + (2 + 0,3 + 0,5) * 2 = 53,6$, приймаємо 53,5 мм;

$300 + (2,7 + 0,3 + 0,5) * 2 = 307$, приймаємо 307 мм.

Призначаємо напуски: штампувальні нахили - 7° ; радіуси заокруглень зовнішніх кутів – 4мм .

Визначаємо допустимі відхилення:

Визначені допустимі відхилення наведені у табл.. 2.2

Таблиця 2.2

Розмір, мм	Граничні відхилення, мм
Ø112,5	$\begin{array}{r} +2,1 \\ -1,1 \end{array}$
Ø90,5	$\begin{array}{r} +1,8 \\ -1,0 \end{array}$
Ø75,5	$\begin{array}{r} +1,8 \\ -1,0 \end{array}$
Ø70,5	$\begin{array}{r} +1,8 \\ -1,0 \end{array}$
Ø65,5	$\begin{array}{r} +1,8 \\ -1,0 \end{array}$
Ø40	$\begin{array}{r} +1,6 \\ -0,9 \end{array}$
Ø41	$\begin{array}{r} +1,6 \\ -0,9 \end{array}$
307	$\begin{array}{r} +2,4 \\ -1,2 \end{array}$
53,5	$\begin{array}{r} +1,6 \\ -0,9 \end{array}$

Складаємо ескіз штампованої поковки для деталі вал з відповідністю ГОСТ 3.1126-88 із зазначенням технічних вимог на її виготовлення по ГОСТ 7505-89. При кресленні поковки враховуємо всі припуски на механічну обробку та ковальські напуски (штампувальні ухили, радіуси заокруглень) із зазначенням їх розмірів та допустимих відхилень.

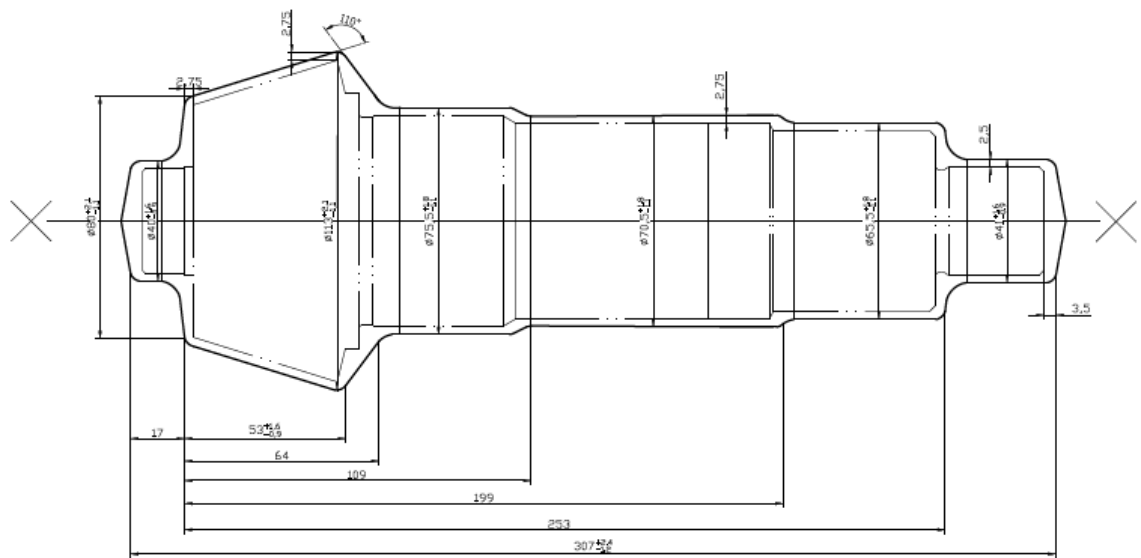


Рис.2.1 Ескіз штампованої заготовки

Приймаючи неминучі технологічні втрати (чад, облой і т.і.) при горячій об'ємній штамповці рівним 10%, визначаємо витрату матеріалу на одну деталь :

$$G_{зп} = \frac{G_{зп} \cdot (100 + П_{ш})}{100}, \text{ де:}$$

$G_{зп}$ - маса заготовки, $G_{зп} = 23,1\text{кг}$; $П_{ш}$ - відходи від чистої маси деталі.

Підставляючи значення до формули, знайдемо:

$$G_{зп} = \frac{G_{зп} \cdot (100 + П_{ш})}{100} = \frac{23,1 \cdot (100 + 10)}{100} = 25,1\text{кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу на штамповану заготовку :

$$K_{вм} = \frac{G_d}{G_{зп}}, \text{ де:}$$

G_d – маса деталі, $G_d = 7,22 \text{ кг}$; $G_{зп}$ – витрати матеріалу на одну деталь, що обчислені вище у формулі. Підставляючи значення до формули, отримаємо коефіцієнт витрати матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{G_d}{G_{зп}} = \frac{7,22}{25,1} = 0,29.$$

Коефіцієнт витрати матеріалу $K_{вм} = 0,29 < 0,5$, з чого можемо зробити висновок, що матеріал використовується не раціонально, але приймаючи до уваги конструктивні особливості деталі, конструкція деталі не може бути спрощена

Технічні вимоги:

1. Гр III – КП395(80) ГОСТ8479
2. Клас точності поковки – Т3 по ГОСТ7505-89
3. Ступень складності поковки – С2.
4. Група сталі – М2.
5. Штампувальні нахили - 7°.
6. Радіуси заокруглень зовнішніх кутів – 3мм.
7. Допуски на радіуси заокруглень поковок +0,5мм.
8. Допустиме зміщення по роз'єму штампі 0,8 мм.
9. Інші технічні вимоги по ГОСТ8479-70.

Методом поковки

Призначення припусків і граничних відхилень, перевірку можливості виконання кінцевих і проміжних уступів, буртів, фланців і виїмок виконуємо відповідно ГОСТ 7829–70.

1. Основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів деталі призначаємо та заносимо у табл..2.3:

Таблиця 2.3

Діаметр, мм	Припуск і граничні відхилення, мм
35	6 ±2
107	9±3
70	8 ±2
65	7 ±2
60	7±2
36	6±2

2. Припуски і граничні відхилення на довжину уступів і загальну довжину деталі приймаємо кратними припуску $z = 9$ мм і відхиленням $T/2 = \pm 3$ мм на діаметр 107 мм виступу найбільшого перетину. Довжину уступів вказуємо від єдиної бази, за яку приймаємо торець виступу Ø107мм. Заносимо дані у табл.2.4:

Таблиця 2.4

Довжина, мм	Розрахункова формула	Припуск і граничні відхилення, мм
17	$0 \pm 2T/2$	0 ± 5
55	$+1,5Z \pm 1,5T/2$	$12,5 \pm 5$
48	$0 \pm 1,5T/2$	0 ± 5
90	$0 \pm 1,5T/2$	0 ± 5
54	$0 \pm 1,5T/2$	0 ± 5
36	$0 \pm 2,5T/2$	0 ± 5
300	$+2,5Z \pm 2,5T/2$	$22,5 \pm 5$

3. Додаткові припуски на не співвісність призначаємо попередньо на всі діаметри поковки, крім найбільшого діаметра 107 мм:

на Ø35 мм припуск 4 мм;

на Ø70 мм – 3 мм;

на Ø65 мм – 3мм;

на Ø60 мм – 3 мм;

на Ø36 мм – 4 мм.

Визначаємо основний перетин, для чого розраховуємо площі повздовжніх перетинів елементів поковки:

$$D_{\max}l = 116 \cdot 67,5 = 7830 \text{ мм}^2;$$

$$D_1l_1 = 41 \cdot 17 = 697 \text{ мм}^2;$$

$$D_2l_2 = 70 \cdot 48 = 336 \text{ мм}^2;$$

$$D_3l_3 = 65 \cdot 90 = 5850 \text{ мм}^2;$$

$$D_4l_4 = 60 \cdot 54 = 3240 \text{ мм}^2;$$

$$D_5l_5 = 36 \cdot 36 = 1296 \text{ мм}^2.$$

За основний перетин приймаємо виступ Ø116мм, для якого добуток A_3 є найбільшим.

4. Уступ Ø35 мм і довжиною 17 мм неможливо виконати, оскільки його довжина менша величини $l = 0,3B_6 = 30 \text{ мм}$

Доведення уступу до виконуваних розмірів за рахунок напуску по довжині недоцільне. Тому уступ ліквідуємо за рахунок напуску по діаметру – приймаємо діаметр уступу рівним діаметру сусіднього виступу 116 мм;

5. Визначимо допустиму нерівномірність розміщення припусків, яка для будь-якого перетину поковки характеризується наступними граничними значеннями одностороннього припуску та зводимо у табл.2.5

Таблиця 2.5

Діаметр перетину	Припуск на розмір Z	Граничне відхилення на розмір T/2	Граничне значення одностороннього припуску в перетині	
			мінімальне $Z_{\min}$	максимальне $Z_{\max}$
46	10	± 2	$5-1=4$	$5+3=8$
70	10	± 2	$5-1=4$	$5+3=8$
75	10	± 2	$5-1=4$	$5+3=8$
81	11	± 2	$5,5-1=4,5$	$5,5+3=8,5$
116	9	± 3	$4,5-1,5=3$	$4,5+4,5=9$

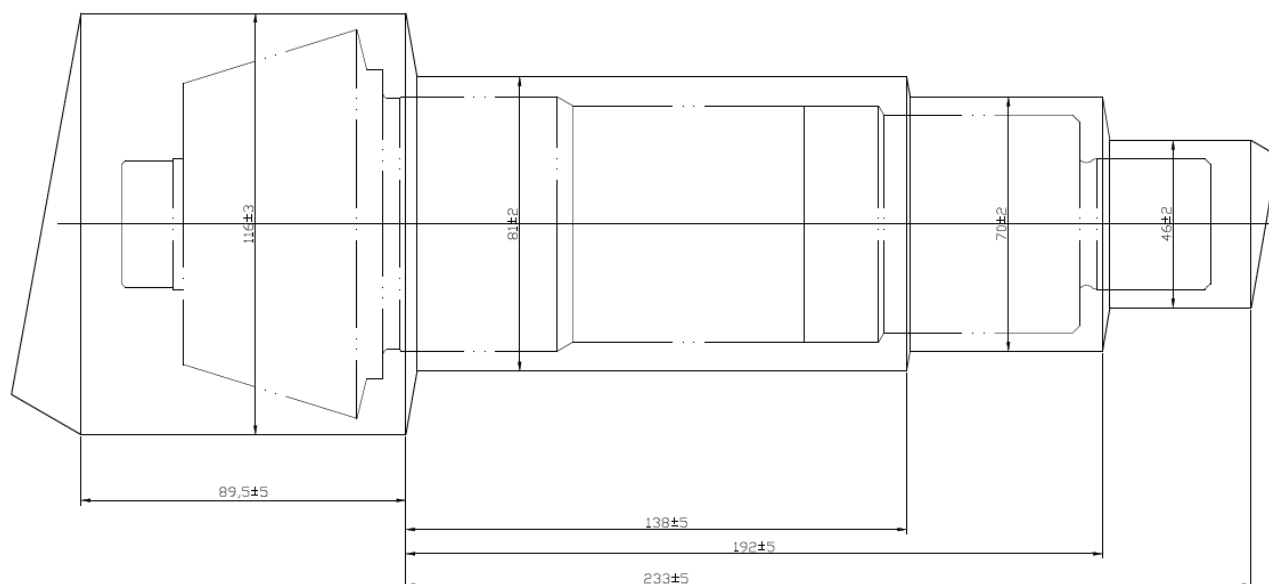


Рис.2.2 Ескіз пакованої заготовки

2.2. Розрахунок собівартості виготовлення заготовок

Визначення собівартості деталі є достатньо трудоемним процесом, що вимагає детального розроблення технологічного процесу виготовлення заготовок та їх подальшого оброблення, нормування часу та значних розрахунків. Тому, коли треба наближено оцінити різні варіанти технології виготовлення заготовок, у нашому випадку – штамповка та ковка, можна застосувати спрощений розрахунок. Наведені значення цін можна вважати умовним, але цілком придатним для таких розрахунків.

Визначаємо собівартість кованки за формулою:

$$C_3 = 0,001[\Pi_{\text{бк}} G_K K_{\text{тк}} K_{\text{ск}} K_{\text{мк}} K_{\text{пк}} K_{\text{вк}} - (G_K - G_D) \Pi_{\text{в}}]$$

Знаходимо значення членів формули:.

Базова ціна 1 тони заготовок згідно для кованок, отриманих на КШМ, $\Pi_{\text{бк}} = 3392$ грн.

Коефіцієнт точності кованок для класу ТЗ, $K_{\text{тк}} = 1,31$.

Коефіцієнт конструктивно-технологічної складності кованки для групи складності С4, $K_{\text{ск}} = 1,43$.

Коефіцієнт марки матеріалу для легованої сталі, $K_{\text{мк}} = 1,23$.

За масою кованки 9,1 кг для річного замовлення 15000 шт. визначаємо 3 групу серійності, для якої знаходимо коефіцієнт програми річного замовлення (групи серійності), $K_{\text{пк}} = 1,21$.

Коефіцієнт маси кованки згідно, $K_{\text{вк}} = 0,93$.

Ціну відходів (стружки з легованої сталі) приймаємо $\Pi_{\text{в}} = 950$ грн. за тону.

Підставивши отримані значення маємо

$$C_3 = 0,001[3392 \cdot 9,1 \cdot 1,31 \cdot 1,43 \cdot 1,23 \cdot 1,21 \cdot 0,93 - (9,1 - 7,22) \cdot 950] = 78,25 \text{ грн.}$$

Витрати на механічну обробку, що припадають на 1 кг стружки, $C_{\text{стр}} = 4,583$ грн. Тоді, витрати на механічну обробку виливка

$$C_{\text{м.т.}} = 4,583 \cdot (9,1 - 7,22) = 8,6 \text{ грн.}$$

Отже, технологічна собівартість деталі за формулою:

$$C_{\text{д.т}} = 78,25 + 8,6 = 86,85 \text{ грн.}$$

Зробимо аналогічний розрахунок для кованої заготовки

$$C_3 = 0,001[\Pi_{\text{бк}} G_K K_{\text{тк}} K_{\text{ск}} K_{\text{мк}} K_{\text{пк}} K_{\text{вк}} - (G_K - G_D) \Pi_{\text{в}}]$$

$\Pi_{\text{бк}} = 4445$ грн.

$K_{\text{тк}} = 1,15$

$K_{\text{ск}} = 1,24$

$K_{\text{мк}} = 1,23$

$K_{\text{пк}} = 1$

$K_{\text{вк}} = 0,75$

$$Ц_b = 950 \text{ грн.}$$

$$C_3 = 0,001[4445 \cdot 16,6 \cdot 1,15 \cdot 1,24 \cdot 1,23 \cdot 1,00 \cdot 0,75 - (16,6 - 7,22) \cdot 950] = 92 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{стр}} = 4,583 \text{ грн}$$

$$C_{\text{м.т.}} = 4,583 \cdot (16,6 - 7,22) = 43 \text{ грн..}$$

$$C_{\text{д.т}} = 92 + 43 = 127 \text{ грн..}$$

Річний економічний ефект E для порівнюваних способів отримання заготовок, при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, визначають за формулою:

$$E = (C_{31} - C_{32}) N,$$

де C_{31} , C_{32} – собівартості порівнюваних заготовок, грн; N – річна програма випуску заготовок, шт.

$$E = (86,85 - 127) \cdot 15000 = -602\,250 \text{ грн}$$

Із розрахованих собівартостей можна зробити висновок, що найбільш вигідніший метод отримання заготовок – штамповка. При такій партії ми отримаємо менші затрати на матеріал та менше часу на обробку заготовок.

2.3. Розробка маршруту механічної обробки деталі

Для виготовлення шестерні ведучої необхідно підібрати таке обладнання, яке забезпечувало б високу точність і якість обробки, а також сприяло зниженню трудомісткості виготовлення деталі. Вибір обладнання здійснюється залежно від характеру технологічних операцій, конструкції деталі та типу виробництва. Устаткування повинно забезпечувати необхідну точність обробки зубчастих, посадочних і торцевих поверхонь, а також зручність виконання технологічних операцій.

Вибір верстатів проводиться з урахуванням типу виробництва, річної програми випуску, габаритних розмірів і маси деталі, вимог до точності та шорсткості поверхонь. Для обробки ведучої шестерні застосовуються токарні, фрезерні та зубонарізні, які забезпечують необхідну якість готового виробу.

Механічна обробка повинна починатися з поверхонь, які надалі будуть використовуватись як технологічні бази під час виконання наступних операцій. Базові поверхні необхідно обробляти з високою точністю, оскільки від правильності базування залежить точність взаємного розташування всіх елементів деталі, особливо зубчастого вінця.

Маршрут механічної обробки повинен бути раціональним і послідовним. У процесі розробки маршруту необхідно розділяти чорнові, чистові та оздоблювальні операції, а також операції термічної обробки. Такий підхід дозволяє уникнути погіршення точності та якості вже оброблених поверхонь і забезпечує стабільність розмірів деталі.

Маршрут обробки визначається на основі вимог робочого креслення та характеристик заготовки. Під час розробки технологічного процесу необхідно правильно визначити послідовність операцій, яка забезпечить потрібну точність, шорсткість поверхонь і продуктивність виготовлення деталі. Обробка отворів, шпонкових пазів та інших допоміжних елементів, як правило, виконується після основних токарних і зубонарізних операцій або в кінці технологічного процесу, якщо вони не використовуються як технологічні бази.

Для обробки ведучої шестерні приймаємо відповідний маршрут механічної обробки, який забезпечує отримання деталі необхідної якості при мінімальних витратах часу та ресурсів.

Попередній маршрут технологічного процесу

№	Назва операції
005	Контрольна
010	Термічна
015	Фрезерно-центрувальна
020	Токарно-чорнова
025	Токарно-чистова
030	Шліцефрезерна
035	Зубонарізна
040	Токарно-тонка
045	Термічна
050	Фрезерно-центрувальна
055	Круглошліфувальна
060	Зубошліфувальна
065	Контрольна

З огляду на необхідний процес механічної обробки деталі підбираємо обладнання.

2.4. Вибір технічного устаткування



Рис. 2.7 Токарно –гвинторізний верстат 16K20

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

Лист

27

Токарно –гвинторізний верстат 16K20

Характеристики верстату:

Габарити верстату:

Довжина – 2795 мм;

Ширина – 1190 мм;

Висота - 1500 мм.

Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 220 мм.

Найбільша довжина деталі, що обробляється – 1000 мм.

Висота центрів над станиною – 215 мм.

Потужність – 11 кВт.

Вага верстату – 3,6 т.



Рис. 2.8 Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3С32

Характеристики верстату

Габарити верстату:

Довжина – 3700 мм;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

Лист

28

Ширина – 2210 мм;

Висота - 1650 мм

Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 400 мм.

Найбільша довжина деталі, що обробляється – 1000 мм.

Висота центрів над станиною – 215 мм.

Потужність – 11 кВт.

Вага верстату – 5 т.



Рис. 2.9 Універсально-фрезерний верстат 6Н81

Універсально-фрезерний верстат 6Н81

Характеристики верстату

Габарити верстату:

Довжина – 2060 мм;

Ширина – 1940 мм;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

Лист

29

Висота - 1600 мм

Клас точності верстата по ГОСТ 8-82 -Н.

Ширина робочого стола – 250мм.

Довжина робочої поверхні стола – 1000мм.

Потужність – 6 кВт.

Вага верстату – 2,1 т.

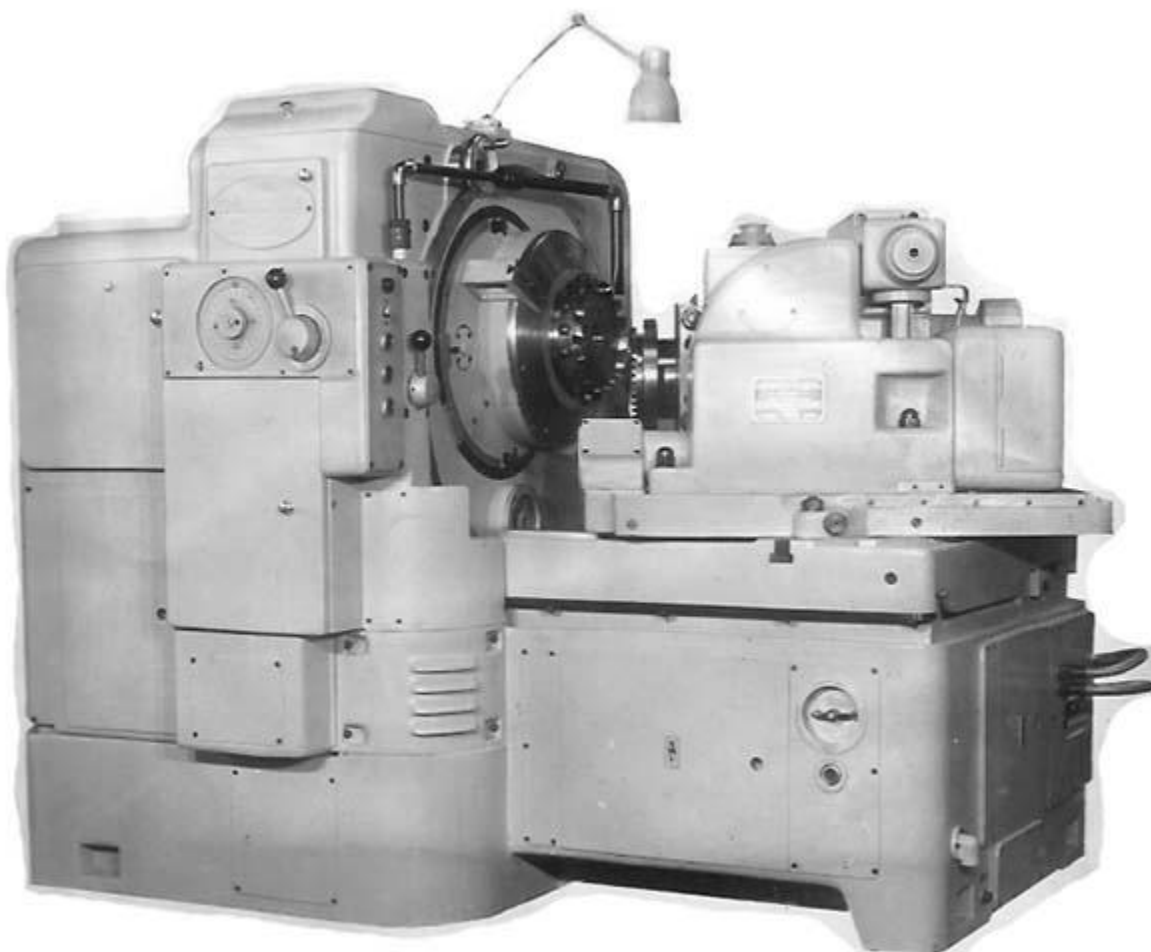


Рис. 2.10 Зуборізний напівавтомат моделі 525

Зуборізний напівавтомат моделі 525

Характеристики верстату

Габарити верстату:

Довжина – 2975 мм;

Ширина – 2400 мм;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

Лист

30

Висота - 1600 мм

Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 500 мм.

Найбільший модуль колі, що обробляються – 10мм.

Найбільша ширина коліс, що обробляються – 65мм.

Потужність – 7,5 кВт.

Вага верстату – 7,2 т.



Рис. 2.11 Круглошліфувальний верстат мод. 3М152

Круглошліфувальний верстат мод. 3М152

Габарити верстату:

Довжина – 4975 мм;

Ширина – 2337 мм;

Висота - 2170 мм.

Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 200 мм.

Найбільша довжина деталі, що обробляється – 1000 мм.

Потужність – 10 кВт.

Вага верстату – 6.1 т.



Рис. 2.12 Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-73

Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-73

Габарити верстату:

Довжина – 3790 мм;

Ширина – 1630 мм;

Висота – 1740 мм;

Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 145 мм.

Найбільша довжина деталі, що обробляється – 1250 мм.

Висота центрів над станиною – 315 мм.

Потужність – 5,5 кВт.

Вага верстату – 6,7 т.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

Лист

32

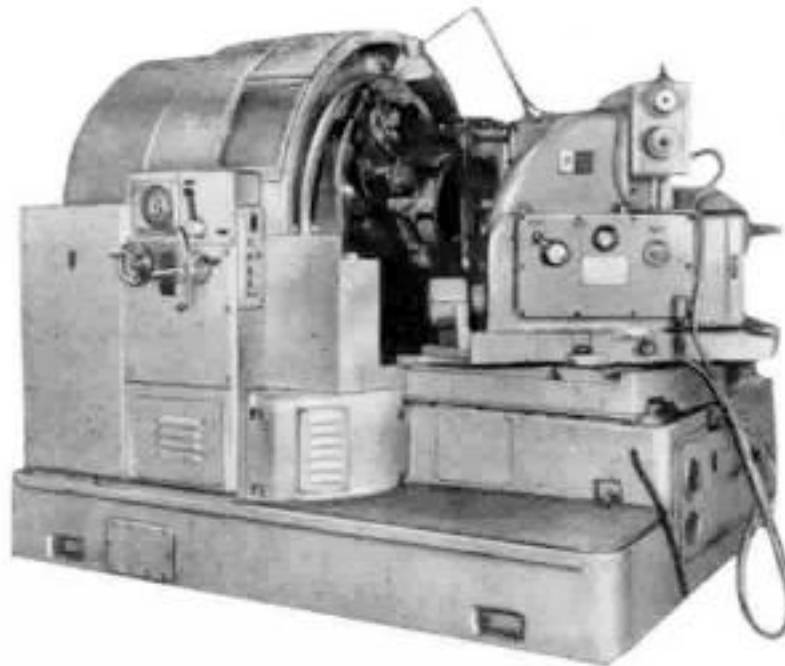


Рис. 2.13 Зубошліфувальний верстат 5А872

Зубошліфувальний верстат 5А872

Габарити верстату:

Довжина – 3320мм;

Ширина – 2100мм;

Висота – 2000мм;

Найбільший модуль – 16мм.

Найбільший діаметр шліфувального колеса – 800мм.

Потужність – 5,5кВт.

Вага верстату – 12,5 т.

2.5. Вибір Ріжучого інструменту

Вибір ріжучого інструменту залежить від наступних факторів:

1. Матеріал, що оброблюється;
2. Вимог до точності, якості поверхонь, що оброблюються;
3. Режимів обробки;
4. Розмірів деталі;
5. Обладнання;
6. Типу виробництва;

Для виготовлення деталі використовуємо наступні інструменти:

Різець токарний прохідний 2103-0009 Т15К6 ГОСТ 18878-73

Різець токарний відрізний 2130-0517 Т15К6 ГОСТ 18884-73

Свердло центрувальне 2317 – 0008 Р18 ГОСТ 14952-75

Фреза модульна дискова 2240-0356 ГОСТ 3755-78

Спроектований інструмент круглий фасонний різець

2.6. Вибір вимірювального інструменту

Вимірювальні інструменти вибирають з урахуванням таких показників як: метрологічні, експлуатаційні та економічні. До основних метрологічних показників відносяться: діапазон вимірювань, ціна ділення шкали, ціна ділення шкали, похибку засобу вимірювань та вимірювального зусилля.

Для перевірки деталі використовуємо такі інструменти:

Штангенциркуль ШЦЦ-I-400, -0,01 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦЦ-II-125, -0,01 ГОСТ 166-89

Мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-90

Калібр кільце 8312-0245-6 ГОСТ 24960-81

2.7. Розрахунок припусків на одну з поверхонь деталі розрахунково-аналітичним методом

Робимо розрахунок припусків на одну з точних поверхонь, а саме на поверхню Ø70к6. З попередніх розділів були визначені потрібні операції на обробку цієї поверхні. Послідовність обробки беремо з попереднього пункту 2.3: токарно-чорнова, токарно-чистова та токарно-тонка.

Мінімальні значення припусків знаходимо для кожної поверхні та для кожного переходу по чергово.

Розрахуємо припуск за наступною послідовністю:

1. Визначаємо операційні припуски на допуски T_i на всі операції, включаючи заготовчу з урахуванням типу виробництва.

Таблиця 2.7.

Послідовність обробки поверхні Ø70k6

№	Назва	Квалітет, Точність	Допуск	Відхилення
0	Заготовка	T3	2,8	+1,8 -1,0
	Термічна	-	-	-
1	Токарно-чорнова	h11	0,190	0 -0,190
2	Токарно-чистова	h8	0,046	0 -0,046
3	Токарно-тонка	k6	0,023	+0,021 +0,002

Таблиця 2.8.

Якість штампованих заготовок після обробленням різанням поверхні 70k6

№	Назва	Rz, мкм	F _z , мкм	ρ, мм	ε, мкм
0	Заготовка	200	250	1,429	0
	Термічна	-	-	1,43	-
1	Токарно-чорнова	25	25	0,087	0
2	Токарно-чистова	5	5	0,003	0
3	Токарно-тонка	1,25	1,25	0,0001	0

2. Мінімальні значення припусків знаходимо для кожного переходу по чергово

$$Z_{3 \min} = 2(R_{z_2} + F_2 + \sqrt{P_2^2 + \varepsilon_2^2}) = 2(5+5+\sqrt{3^2})=26\text{мкм}$$

$$Z_{2 \min} = 2(R_{z_1} + F_1 + \sqrt{P_1^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(25+25+\sqrt{87^2})=274\text{мкм}$$

$$Z_{1 \min} = 2(R_{z_0} + F_0 + \sqrt{P_0^2 + \varepsilon_0^2}) = 2(200+250+\sqrt{1441^2})=3760\text{мкм}$$

3.Визначення для всіх операцій номінальних значень припусків Z_i :

$$Z_3 = Z_{3 \min} + es_3 - ei_2 = 26 + 21 - (-46) = 93 \text{ мкм};$$

$$Z_2 = Z_{2 \min} + T_1 = 274 + 190 = 464 \text{ мкм};$$

$$Z_1 = Z_{1 \min} + es_1 - ei_0 = 3760 + 0 - (-1000) = 4760 \text{ мкм}.$$

4.Визначення номінальних розмірів D_i на всі переходи, починаючи відфінішного, розміри на який задані кресленням деталі, і закінчуючи вихідною заготовкою.

Номінальні розміри проміжних заготовок заокруглюємо до значень 3бпів мірних з точністю допусків цих розмірів. Усі розміри заокруглюємо у бік збільшення припусків на механічне оброблення..

$$D_3 = D_{\text{дет}} = 70k6^{+0,021}_{+0,002}$$

$$D_2 = D_3 + Z_3 = 70 + 0,093 = 70,1 \text{ k8}$$

$$D_1 = D_2 + Z_2 = 70,1 + 0,464 = 70,6 \text{ k11};$$

$$D_0 = D_{\text{загот}} = D_1 + Z_1 = 70,6 + 4,760 = 75,4^{+1,8}_{-1,1}$$

5. Визначення граничних розмірів на всі переходи:

$$D_{3 \max} = D_3 + es_3 = 70 + 0,021 = 70,021;$$

$$D_{2 \max} = D_2 = 70,1;$$

$$D_{1 \max} = D_1 = 70,6;$$

$$D_{0 \max} = D_0 + es_0 = 75,4 + 1,8 = 77,2.$$

$$D_{3 \min} = D_3 + ei_3 = 70 + 0,002 = 70,002;$$

$$D_{2 \min} = D_2 - T_2 = 70,1 - 0,046 = 70,054;$$

$$D_{1 \min} = D_1 - T_1 = 70,6 - 0,19 = 70,41;$$

$$D_{0 \min} = D_0 + ei_0 = 75,4 - 1, = 74,4.$$

5.Оскільки номінальні розміри були заокруглені перераховуємо відповідні значення мінімальних $Z_i \min$ і номінальних Z_i припусків. Розрахунки зводимо у карту:

$$Z_{3\min} = D_{2 \min} - D_{3 \max} = 70,054 - 70,021 = 0,033;$$

$$Z_{2\min} = D_{1 \min} - D_{2 \max} = 70,41 - 70,1 = 0,31;$$

$$Z_{1\min} = D_{0 \min} - D_{1 \max} = 74,4 - 70,6 = 3,8.$$

$$Z_3 = D_2 - D_3 = 70,1 - 70 = 0,1;$$

$$Z_2 = D_1 - D_2 = 70,6 - 70,1 = 0,5;$$

$$Z_1 = D_0 - D_1 = 75,4 - 70,6 = 4,8.$$

6.Визначення максимальних припусків $Z_i \max$

$$Z_{3 \max} = D_{2 \max} - D_{3 \min} = 70,1 - 70,002 = 0,098;$$

$$Z_{2 \max} = D_{1 \max} - D_{2 \min} = 70,6 - 70,054 = 0,546;$$

$$Z_{1 \max} = D_{0 \max} - D_{1 \min} = 77,2 - 70,41 = 6,79.$$

7.Визначення загального припуску на розмір $Z_{\text{заг}}$:

$$Z_{\text{заг}} = 75,4 - 70 = 5,4 \text{ мм.}$$

Зробимо схему операційних розмірів для $\varnothing 70\text{k6}$, що буде представлена нижче, де D_3 – тонке точіння, D_2 – чистове точіння, D_1 – чорнове точіння, D_0 – заготовка.

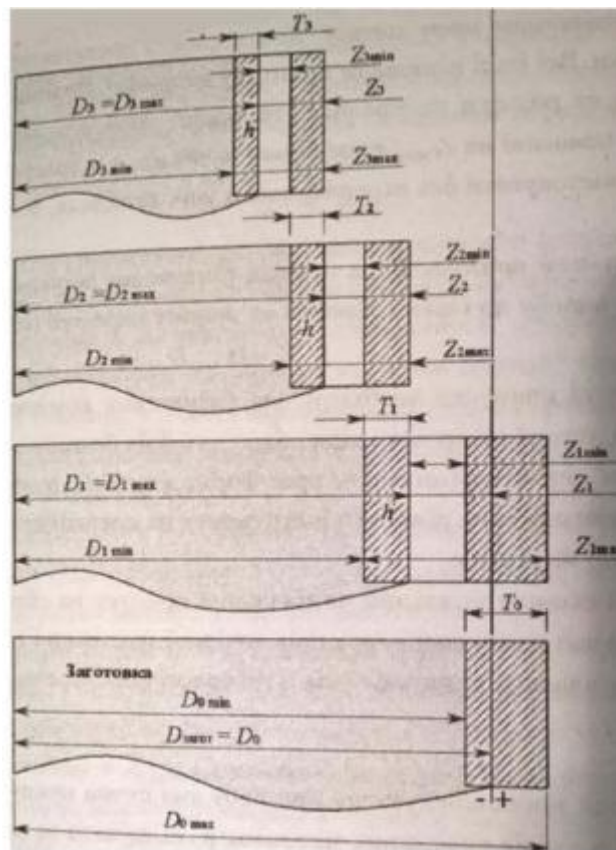


Рис.2.11. Схема операційних розмірів, припусків і допусків для зовнішніх розмірів.

2.8. Розрахунок режимів різання та норм часу на токарно-чорнову операцію

При призначенні режимів різання враховують характер обробки, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан устаткування.

Елементи режимів різання зазвичай встановлюють у такому порядку:

Глибина різання t : при чорновій обробці призначають по можливості максимальну глибину t , рівну припуску на обробку або його більшої частини; при чистовій обробці – в залежності від вимог точності та шорсткості оброблюваної поверхні.

Подача S : при чорновій обробці вибирають максимально можливу подачу, виходячи з жорсткості та міцності системи ВПД, потужності приводу верстату, міцності твердосплавної пластини та інших обмежуючих факторів; при чистовій обробці – в залежності від необхідного ступеню точності та шорсткості поверхні.

Швидкість різання V розраховують по емпіричним формулам, встановлених для кожного виду обробки, які мають загальний вид:

$$V_{тб} = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}$$

Значення коефіцієнту C_v та показників степеню, які містяться у цих формулах, так само, як і період стійкості T інструменту, що приймається для потрібного виду обробки, наведені в таблицях для кожного виду обробки.

Розрахована з використанням табличних даних швидкість різання $V_{тб}$, враховує конкретні значення глибини різання t , подачі S та стійкості T і є дійсною при певних табличних значеннях ряду інших факторів.

Тому для отримання дійсного значення швидкості різання V з урахуванням конкретних значень згаданих чинників вводиться поправочний коефіцієнт K_v . Тоді дійсна швидкість різання:

$$V = V_{\text{тб}} \cdot K_v, \text{ де}$$

K_v -добуток ряду коефіцієнтів. Найголовнішими з них, загальними для різних видів обробки, є:

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що оброблюється для різних видів обробки;

K_{pv} – коефіцієнт, що показує стан поверхні заготовки;

K_{iv} —коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту.

Стійкість T – період роботи інструменту до затуплення, що приводиться для різних видів обробки, відповідає умовам одноінструментальної обробки. При багатоінструментальному або багатостанковому обслуговуванні період стійкості варто збільшувати. Значення періоду стійкості для загальних умов обробки.

Сили різання. Під силою різання загалом розуміють її головну складову P_z , що визначає потужність, що витрачається на різання та крутний момент на шпинделі верстату. Силкові залежності розраховують по емпіричним формулам, значення коефіцієнтів і показників степені приведені у відповідних таблицях для різних видів обробки.

Розраховані силкові залежності враховують конкретні технологічні параметри (глибину різання, подачу і ін.) і дійсні при певних значеннях ряду інших факторів. Їх значення, що відповідає фактичним умовам різання, отримують добутком на коефіцієнт K_p - загальний коефіцієнт на поправку, що враховує змінені в порівнянні з табличними умови різання, що є добутком ряду коефіцієнтів. Найважливішим з них є коефіцієнт K_{mr} , що враховує якість оброблюваного матеріалу.

Для обчислення режимів різання та норм часу обираю токарно-гвинторізну операцію чорнову, що проводиться на однойменному верстаті моделі 16K20Ф3С32. На цій операції знімаємо максимальні припуски для подальшої

чистої обробки.

Глибина точіння t дорівнює найбільшому припуску на обробку.

Подача S при чорновому точінні приймається максимально допустимою. З можливих варіантів і умов різання приймаю $S=1.2$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв: при зовнішньому поздовжньому та поперечному точінні та розточуванні розраховують за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v=340$; період стійкості інструмента приймаю $T=40$ хв.; глибина різання $t=2,38$ мм; подача $S=1,2$ мм/об; коефіцієнти $m=0,2$, $x=0,15$, $y=0,45$; K_v - поправочний коефіцієнт, що знаходиться за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \text{ де}$$

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що оброблюється, для сталі:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{690} \right)^{0,8} = 1,07$$

K_{pv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, приймаю $K_{pv}=0,8$ для поковок;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, приймаю $K_{iv}=1$.

Підставляючи знайденні коефіцієнти, отримаємо:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,86$$

Знайдені значення коефіцієнтів, глибини різання, подач та періоду стійкості підставляємо у:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 2,38^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 0,86 = 113,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Сили різання H , прийнято розкласти на складові сили, що направлені по осям координат верстату (тангенціальну P_z , радіальну P_y та осьову P_x).

При зовнішньому повздовжньому та поперечному точінні ці складові розраховують за емпіричною формулою:

$$P_{z,y,x} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ де:}$$

Для тангенціальної сили P_z постійне значення $C_p=300$; показники степені $x=1,0$, $y=0,75$, $n=-0,15$. Поправочний коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \text{ де:}$$

$K_{mp} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$K_{\varphi p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані різця;

$K_{\gamma p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує передній кут різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза;

$K_{rp} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

Підставляючи значення у формулу (2.12), отримаємо:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$$

Знайдені значення коефіцієнтів та степеней підставляємо у формулу:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,38^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 113,1^{-0,15} \cdot 0,65 = 2,5 \text{ кН.}$$

Для радіальної сили P_y постійне значення $C_p=243$; показники степені $x=0,9$, $y=0,6$, $n=-0,3$. Поправочний коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання і залишається сталим:

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$, де:

$K_{mp} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$K_{\varphi p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані різця;

$K_{\gamma p} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує передній кут різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза;

$K_{rp} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$$

Знайдені значення коефіцієнтів та степеней підставляємо у формулу

$$P_y = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 243 \cdot 2,38^{0,9} \cdot 1,2^{0,6} \cdot 113,1^{-0,3} \cdot 0,5 = 1,07 \text{ кН.}$$

Для осьової сили P_x постійне значення $C_p=339$; показники степені $x=1$, $y=0.5$, $n=-0.4$. Поправочний коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання і залишається сталим:

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$, де:

$K_{mp} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що оброблюється;

$K_{\varphi p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані різця;

$K_{\gamma p} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує передній кут різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза;

$K_{rp} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$$

Знайдені значення коефіцієнтів підставляємо у формулу:

					4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		42

$$P_x = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 2,38^1 \cdot 1,2^{0,5} \cdot 113,1^{-0,4} \cdot 0,75 = 1 \text{ кН.}$$

Потужність різання розраховують за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ де}$$

P_z - тангенціальна складова сили різання, що знайдена вище, $P_z=2,5$ кН;

V - швидкість різання, що знайдена раніше, $V=113,1$ м/хв. Підставляємо

значення до формули для визначення потужності:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 113,1}{1020 \cdot 60} = 4,62 \text{ кВт}$$

Визначаємо частоту обертання заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ де}$$

V -швидкість різання, що знайдена раніше, $V=113,1$ м/хв; D – діаметр

заготовки, $D = 41$ мм. Підставляємо значення у формулу для знаходження

частоти обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 113,1}{3,14 \cdot 41} = 880 \text{ об/хв}$$

Призначаємо за паспортом верстату: $n_d = 800$ об/хв. Тоді дійсна швидкість:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.}$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 800}{1000} = 103 \text{ м/хв}$$

Визначення норм часу та режимів різання призначені для технічного нормування робіт, які виконуються на універсальних та багатоцільових верстатах з ЧПУ в умовах середньо-серійного типів виробництва.

Розрізняють наступні норми часу:

T_o - основний (машинний) технологічний час, хв – час, що витрачається на різання і розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \text{ де}$$

S – подача, $S = 1.2$ мм/об; n – частота обертів заготовки, $n = 800$ об/хв.;

i – число робочих ходів, $i=1$; L – довжина обробки, мм – визначається за формулою:

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \text{ де}$$

l_0 , мм - довжина оброблюваної поверхні, $l_0=36$ мм; l_1 , мм - довжина врізання, при точінні довжина врізання визначається за формулою:

$$l_1 = t \cdot ctg\varphi, \text{ де}$$

t - глибина різання, $t=2,38$ мм, φ – головний кут в плані, $\varphi = 45^\circ$.

Підставляємо значення у формулу для знаходження довжини врізання:

$$l_1 = t \cdot ctg\varphi = 2,38 \cdot ctg45^\circ = 1,48 \text{ мм;}$$

$$l_2 = (2 \dots 5)S \approx 3 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ мм.}$$

Отримані значення l_0 , l_1 , l_2 підставляємо у формулу знаходження довжини обробки:

$$L = l_0 + l_1 + l_2 = 36 + 1,48 + 3,6 = 41,1 \text{ мм.}$$

Підставляємо знайдені значення до формули обчислення основного часу:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{41}{1,2 \cdot 800} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв.}$$

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час, який витрачається на управління верстатом, установку, закріплення та зняття деталі, підвід та відвід ріжучого інструменту, вимір деталі, хв.

$T_{\text{орм}}$ – час на організацію робочого місця, яке витрачається на змащення верстату, видалення стружки, прибирання робочого місця, установку і зняття ріжучого інструменту, хв.

$T_{\text{відп}}$ – час відпочинку, хв.

$T_{\text{в}}$ – допоміжний час, який знаходиться за формулою, хв :

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в.у.}} + T_{\text{в.оп.}} + T_{\text{в.вим.}}, \text{ де}$$

$T_{\text{в.у.}}$, хв – час на установку і зняття деталі вручну або краном, $T_{\text{в.у.}} = 0,7$ хв ;
 $T_{\text{в.оп.}}$, хв – допоміжний час, який пов'язаний з операцією, $T_{\text{в.оп.}} = 0,24$ хв; $T_{\text{в.вим.}}$, хв – допоміжний неперекриваємий час на виміри, $T_{\text{в.вим.}} = 0,12$ хв.

Підставляємо табличні значення у формулу знаходження допоміжного часу:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в.у.}} + T_{\text{в.оп.}} + T_{\text{в.вим.}} = 0,7 + 0,24 + 0,12 = 1,06 \text{ хв.}$$

$T_{\text{шт}}$ – штучний час – тривалість виконання однієї технологічної операції, який не враховує час на підготовку виконавця (робітника) до виконання цієї операції і обчислюється за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{дод}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + (10\% \cdot (T_{\text{о}} + T_{\text{в}})), \text{ де}$$

$T_{\text{о}}$ – основний час, що розраховано вище, $T_{\text{о}} = 0,05$ хв.; $T_{\text{в}}$ – допоміжний час, що розраховано вище, $T_{\text{в}} = 3,66$ хв. Підставляємо значення до формули визначення штучного часу :

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{дод}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + (10\% \cdot (T_{\text{о}} + T_{\text{в}})) = 0,05 + 0,66 + (10\% \cdot 0,71) = 0,78 \text{ хв.}$$

Для інших поверхонь на токарно-чорновій операції розрахунок виконується за аналогічною послідовністю і результати обчислень наведено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9.

Режими різання та норми часу на токарно-чорнову операцію

мм	V, м/хв	P _z , кН	N, кВт	п, об/хв	T _о , хв	T _в , хв	T _{шт} , хв
Ø41, L=36	113,1	2,5	4,62	800	0,05	1,06	1,22
Ø65,5, L=54				500	0,1	0,36	0,51
Ø70,5, L=95				500	0,16		0,58
Ø75,5, L=53				400	0,13		0,54
Ø90,5, L=5				315	0,04		0,44
Ø112,5, L=53				315	0,16	1,07	1,36

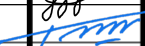
Лист

4267ст3.12.КРБ.05.02.ПЗ

46

Зм. Лист № докум Підпис Дата



					4267см3.12.КРБ.05.03.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата				
Студент	Телешов А. А.				Конструкторський розділ			
Керівник	Ткач М. Р.							
Консульт.								
Н. Контр.	Моргун С. О.							
Затверд.								
					Літера	Лист	Листів	
							47	66
					НУК			
					Ім. Адм. Макарова			

3. Конструкторська частина.

3.1. Розрахунок спеціального пристосування

При точінні на токарному обробному центрі заготовка закріплюється у трикулачковому самоцентруючому патроні. Патрон приводиться у дію завдяки вбудованому пневмоприводу.

Устрій патрона.

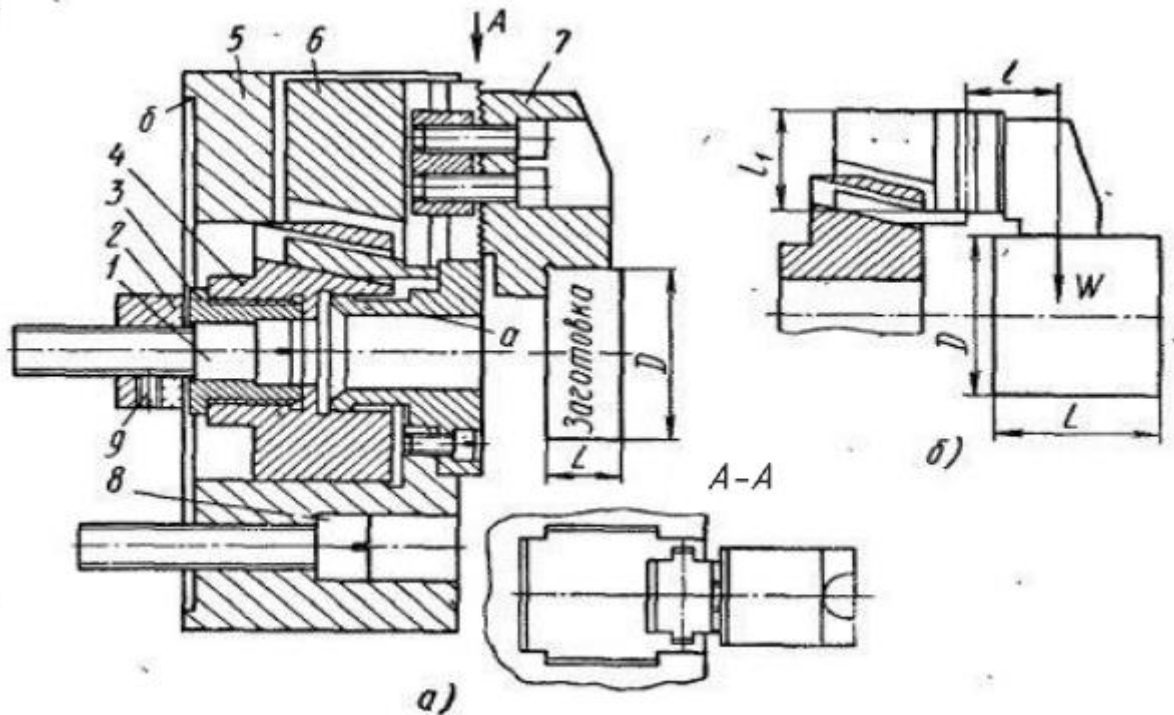


Рис. 3.1. Трикулачковий самоцентруючий патрон з клиновим механізмом.

Пристосування складається корпуса 5, трьох повзунів 6 з пазами під клин 4. Гайка 3 та гвинт служать для з'єднання з тягою (тягу не показано), що зв'язує патрон та пневмопривід. Довжина ходу поршня регулюється шляхом переміщення в ньому гвинта і гайки 2, Положення гайки 2 фіксується стопорним гвинтом 9. Отвір а служить для розміщення ріжучого інструменту, наприклад свердла. Патрон з'єднується з планшайбою гвинтами 8, а центрування проводиться за виточенні б. Переваги патрона: компактність, жорсткість і зносостійкість клинового підсилює механізму изза великій поверхні зіткнення муфти з повзунами.

Область використання.

Патрони з клиновим затискним механізмом використовуються на

одношпіндельних і багатошпіндельних токарних напівавтоматах з горизонтальним і вертикальним розташуванням осей обертання для базування та закріплення деталей типу "вали", "диски", "гільзи".

У комплекті з патроном поставляються кулачки з різними параметрами контактуючих поверхонь без рифлень, з рифленнями і т.д. Кулачки встановлюються на сухарі та закріплюються за допомогою гвинтів.

Сухарі патрона переміщуються в радіальних направляючих від клинового затискного механізму для кожного кулачка. Сила закріплення створюється через клиновий механізм, затискають від центрального штока. У механізмі використовується клин односторонньої дії з кутом $\alpha = 15^\circ$, що дозволяє забезпечити умову самогальмування в патронах даної конструкції. Крім патрона дана установка включає силовий привід, компресор і пневмоциліндр двосторонньої дії.

Зовнішні сили, які діють на заготовку при точінні

При конструюванні нових пристосувань розрахунок сил затиску може бути зведений до вирішення задачі статичної рівноваги заготовки під дією доданих до неї зовнішніх сил. Всі зовнішні сили умовно діляться на ті, хто підбурює і врівноважує заготовку, схема.3.2.. Підбурюючі сили призводять до зміщення заготовки з положення, встановленого при її базування. До них відносяться:

Складові сили різання:

- Об'ємні сили (вага заготовки, відцентрові сили і сили інерції).

До сил, які врівноважують заготовку відносяться:

- Сили тертя, які виникають при закріпленні заготовки;

- Сили прямої дії силових механізмів на заготовку;

- Реакції опор.

- Обурюючі сили

- Врівноважуючі сили

Якщо сили різання при розрахунку сил затиску враховуються завжди, то об'ємні - тільки для певних умов обробки. Зокрема, вага заготовки діє і враховується при її установці на вертикальні і похило розташовані елементи. Відцентрові сили виникають і враховуються в процесі обробки при зміщенні центру ваги заготовки щодо її осі обертання.

Ефективність закріплення в значній мірі залежить від прийнятої схеми закріплення. При цьому необхідно вибрати поверхні на заготовці для установчих елементів, напрямки сили закріплення, кількість прихватів і точки прикладання сили (сил) закріплення. При виборі напрямку сили закріплення необхідно враховувати ряд правил:

1) Сила закріплення повинна бути спрямована перпендикулярно до площин установчих елементів, або під кутом до двох чи трьох площин установчих елементів, щоб забезпечити надійний контакт з базовими поверхнями і виключити зсув заготовки при закріпленні;

2) При базуванні заготовки по декількох базових плоских поверхнях сила закріплення повинна бути спрямована до тих установчих елементів, з якими заготовка має найбільшу площу контакту;

3) Напрями сили закріплення і сили тяжіння заготовки повинні збігатися (це підвищує ефективність використання затискного механізму);

4) Напрямок сили закріплення за можливості має збігатися і з напрямком сили різання.

На практиці після аналізу різних варіантів вибирають найбільш прийнятний напрям сили закріплення. Вибору раціонального напрямку сили закріплення сприяє введення в силову схему закріплення заготовки упорів, які сприймають діючі на заготовку сили і сприяють зменшенню необхідних сил закріплення.

При виборі точки докладання зусиль закріплення необхідно дотримуватися наступних правил:

1) Сила закріплення не повинна призводити до перекидання заготовки, або її зсуву по установчих елементах. Для цього необхідно, щоб точка прикладання сили закріплення проектувалася:

- Якомога ближче до центру установочного елемента, або до ваги трикутника, утвореного лініями, що з'єднують центри установчих елементів, розташованих в одній площині;

- На ділянку поверхні заготовки, паралельній поверхні плоских установчих елементів, що сприймають силу закріплення.

2) Дія сили закріплення і спричинених нею реакцій опор не повинна призводити до створення згинальних моментів, здатних знизити точність обробки нежорстких заготовок;

3) Місце прикладання сили закріплення повинно бути як можна ближче до місця обробки, особливо для нежорстких заготовок.

Розглянемо дію зовнішніх обурюючих сил. Рис.3.3. Окружна сила P_Z - має найбільшу абсолютну величину при точінні і діє по дотичній до заготовки. Вона намагається повернути заготовку навколо її осі. Радіальна сила P_Y – в залежності від умов обробки становить $0,3 \dots 0,9 P_Z$ і діє по нормалі до оброблюваної поверхні від периферії до центру заготовки. Їй протидіють реакції з боку кулачків. Так як радіальна сила не викликає зміщення заготовки то, звичайно, на розрахунковій схемою реакції не показуються. Осьова сила P_X - в залежності від умов обробки становить $0,1 \dots 0,7 P_Z$ і діє на заготовку в напрямку подачі інструменту. При цьому вона намагається змістити заготовку уздовж осі.

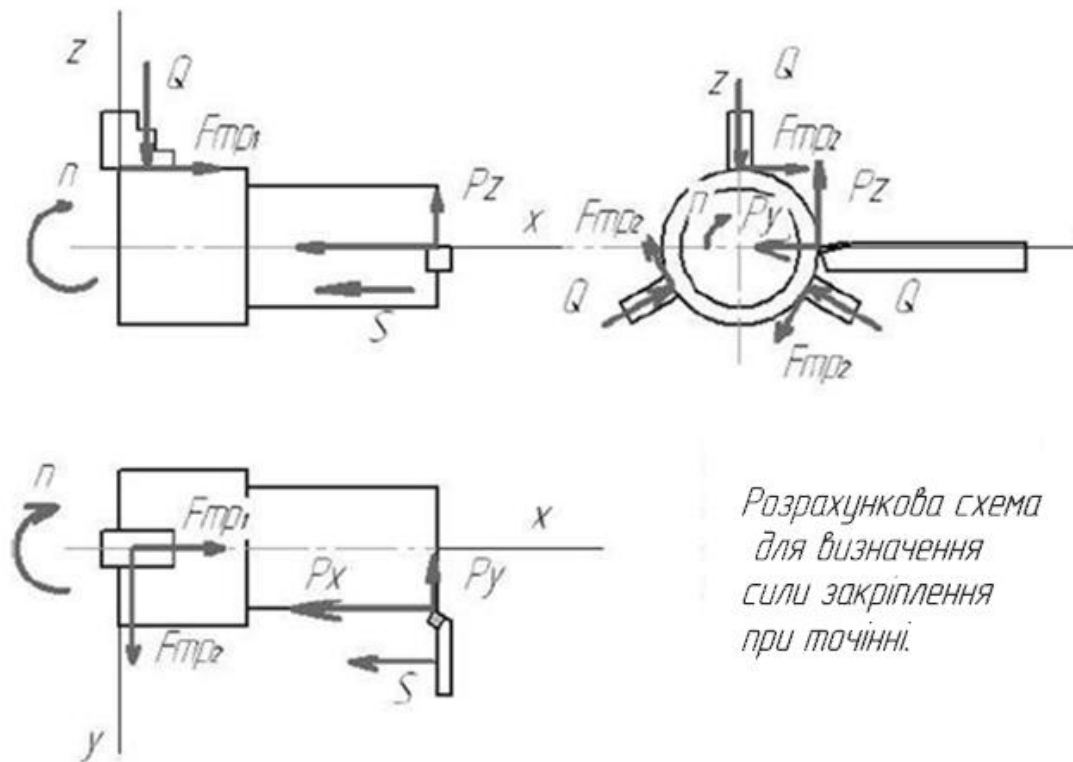


Рис. 3.2. Схема зображення сил при точінні.

Закріплення заготовки здійснюється силою закріплення Q , що прикладається до заготовки від кулачків патрона. При цьому значення сили закріплення повинно бути таким, щоб виключалася можливість повороту заготовки в патроні від дії окружної сили, її зміщення вздовж осі, викликається осьовою силою.

Можливість повороту заготовки навколо осі OX в патроні і її зміщення вздовж осі OX виключається завдяки дії сил тертя F_1 і F_2 . Вони виникають в результаті дії сили закріплення в місці контакту кулачків патрона з базовою поверхнею заготовки. Причому її частина Q_1 протидіє повороту заготовки навколо її осі, а Q_2 протидіє зміщенню заготовки уздовж осі.

Розрахунок сили закріплення

1) Режими і умови обробки

Глибина різання $t = 2,38$ мм;

Подача $S = 1,2 \text{ мм / об}$;

Стійкість інструменту $T = 40 \text{ хв}$;

Швидкість різання $V = 113,1 \text{ м / хв}$ (по переднім розрахункам Режимів різання);

Робота з охолодженням.

2) Параметри патрона за ГОСТ 2675-80

$\alpha = 15^\circ$ – кут клину патрона;

$f_{\text{тр}} = 0,12$ – коефіцієнт тертя на поверхні клина;

$l_1 = 80 \text{ мм}$ – плече дії сили закріплення;

$l_2 = 70 \text{ мм}$ – плече дії сили на плунжері осі штока;

$a = 60 \text{ мм}$ – ширина напрямних плунжера;

$f'_{\text{тр}} = 0,25$ – коефіцієнт тертя на напрямних плунжера.

3) Окружна складова сили різання визначається за емпіричною формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Використаємо розрахунки з пункта 2.9. Розрахунок режимів різання.

Звідки: $P_z = 2,5 \text{ кН}$

4) Момент різання на заготовці:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot \frac{D_{\text{max}}}{2}$$

де D_{max} - максимальний діаметр заготовки. $D_{\text{max}} = 112,5 \text{ мм}$.

$$M_{\text{різ}} = 2500 \cdot \frac{D_{\text{max}}}{2} = 1400625 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5) Необхідна сила закріплення з боку одного кулачка патрона визначається з умови рівноваги деталі під дією моменту різання і моменту тертя в контакті кулачків з деталлю.

Умова рівноваги (непроворота) деталі має вигляд:

$$M_{\text{тер}} \geq K_3 \cdot M_{\text{різ}}$$

де: $M_{\text{тер}}$ - момент тертя в контактi кулачків з деталлю;

$M_{\text{різ}}$ - момент різання;

K_3 - коефіцієнт запасу, в даному випадку $K_3 = 2,5$

$$M_{\text{тер}} = n \cdot Q_3 \cdot f_{\text{тер}} \cdot \frac{D_3}{2}$$

де: n – кількість кулачків, так як патрон трикулачковий, то $n = 3$;

Q_3 – сила закріплення;

$f_{\text{тер}}$ – коефіцієнт тертя, що залежить від умов контакту кулачків із заготовкою, так як в даному випадку кулачки з рифленнями то $f_{\text{тер}} = 0,12$;

D_3 – діаметр закріплення деталі, $D_3 = 40,5\text{мм}$.

Підставляємо у формулу умови рівноваги

$$n \cdot Q_3 \cdot f_{\text{тер}} \cdot \frac{D_3}{2} = K_3 \cdot M_{\text{різ}}$$

Звідки:

$$Q_3 = \frac{K_3 \cdot M_{\text{різ}}}{n \cdot f_{\text{тер}} \cdot \frac{D_3}{2}}$$

При підстановці чисельних значень:

$$Q_3 = \frac{2,5 \cdot 140625}{3 \cdot 0,12 \cdot \frac{40,5}{2}} = 48225\text{Н}$$

б) Після рішення рівнянь статки для плунжера з клином отримуємо необхідну силу тяги на штоці для одного кулачка:

$$W' = Q_3 \cdot \frac{1 - \frac{3 \cdot l_1}{a} \cdot f'_{\text{тер}}}{\frac{1}{\tan(\alpha + 5,7)} - \frac{3 \cdot l_2}{a}}$$

де: $\alpha = 15^\circ$ – кут клину патрона;

$f'_{\text{тр}} = 0,18$ – коефіцієнт тертя на поверхні клина;

$l_1 = 90\text{мм}$ – плече дії сили закріплення;

$l_2 = 70\text{мм}$ – плече дії сили на плунжері осі штока;

$a = 60\text{мм}$ – ширина напрямних плунжера;

$f'_{\text{тр}} = 0,25$ – коефіцієнт тертя на напрямних плунжера

$\varphi_{\text{тер}}$ – кут тертя на поверхні клина.

$$\varphi_{\text{тер}} = \tan^{-1}(f''_{\text{тр}}) = 5,7$$

Після підстановки чисел отримаємо:

$$W' = 48225 \cdot \frac{1 - \frac{3 \cdot 90}{60} \cdot 0,25}{\frac{1}{\tan(25 + 5,7)} - \frac{3 \cdot 70}{60}} = 2966\text{Н}$$

7) Визначаємо сумарну силу на штоці пневмоциліндра для трьох кулачків:

$$W = 3 \cdot W'$$

Після підстановки чисел отримуємо:

$$W = 3 \cdot 2966 = 8898\text{Н}$$

8) Визначаємо діаметр поршня пневмоциліндра при тиску від компресора

$P = 4 \text{ кг / см}^2$ ($0,4 \text{ МПа} = 400000\text{Па}$) і прийнятому діаметрі штока $d_{\text{шт}} = 20 \text{ мм}$

$$D_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8898}{\pi \cdot P \cdot \eta_2}} + 20^2 = 61,1 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{\text{п}} = 63\text{мм}$, що задовольняє прийнятої конструкції.

Розрахунки підтвердили, що дане устаткування повністю відповідає своїм задачам.

3.2. Розрахунок та проектування спеціального металорізального інструменту.

1. Визначення найбільшого радіусу круглого фасонного різця.

Вузлові точки заданого фасонного профілю позначаємо цифрами. Перший номер (№1) надають вузлові точці профілю деталі, що має мінімальний радіус ($r_1 = r_{\text{min}}$). Цій точці буде відповідати точка різця з номером 1, що має найбільший радіус ($R_1 = R_{\text{max}}$).

					4267ст3.12.КРБ.05.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		55

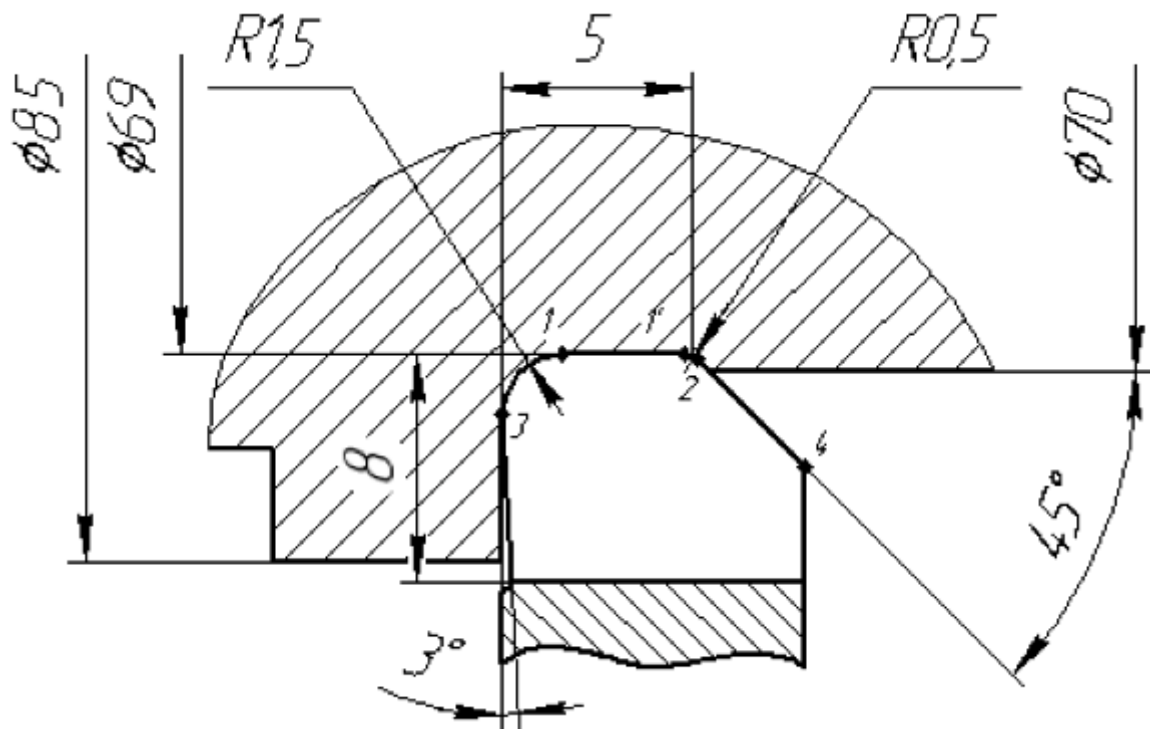


Рис.3.3. Форма канавки для виходу ріжучого інструмента та відповідний контур ріжучої кромки фасонного різця.

1.1. Конструктивний метод визначення найбільшого радіусу круглого фасонного різця

$$R_1 \geq t_{\max} + k + f + \frac{d}{2} = 8 + 3 + 13/2 = 25 \text{ мм},$$

где $t_{\max}$ – найбільша глибина профілю оброблюваної деталі

$$t_{\max} = r_{\max} - r_{\min} = (85 - 69) = 8 \text{ мм},$$

k – глибина заточки передньої поверхні ($k = 6 \dots 12 \text{ мм}$),

принято $k = 3 \text{ мм}$,

f – товщина стінки різця ($f = 5 \dots 10 \text{ мм}$),

приймаємо $f = 10 \text{ мм}$,

d – діаметр базового отвору різця ($d = 12...50$ мм),

приймаємо $d = 13$ мм,

$$R_1 = R_{\max} = 25 \text{ мм.}$$

1.2. Графічний метод розрахунку найбільшого радіусу круглого фасонного різця

Найбільший радіус фасонного різця визначається залежно від глибини профілю деталі, що обробляється.

З центру обертання деталі O_d проводяться два концентричні кола, що відповідають найбільшому та найменшому радіусам деталі.

Через точку 1 під кутом $\gamma = 15^\circ$ до горизонтальної центрної лінії проводимо слід площини заточування передньої поверхні та під кутом α проводять пряму лінію.

На відстані $k = 30$ мм від кола найбільшого радіусу деталі проводимо слід вертикальної площини, що визначає глибину заточування передньої поверхні. Пересечение этого следа и следа плоскости заточки дает точку О.

Кут $\omega = 105^\circ$ утворений у точці О розділимо навпіл. Для цього через точку О проводимо бісектрису кута ω до перетину її з прямою лінією, проведеною під кутом $\alpha = 10^\circ$ до горизонталі. Точка перетину цих двох прямих є центром O_p круглого фасонного різця.

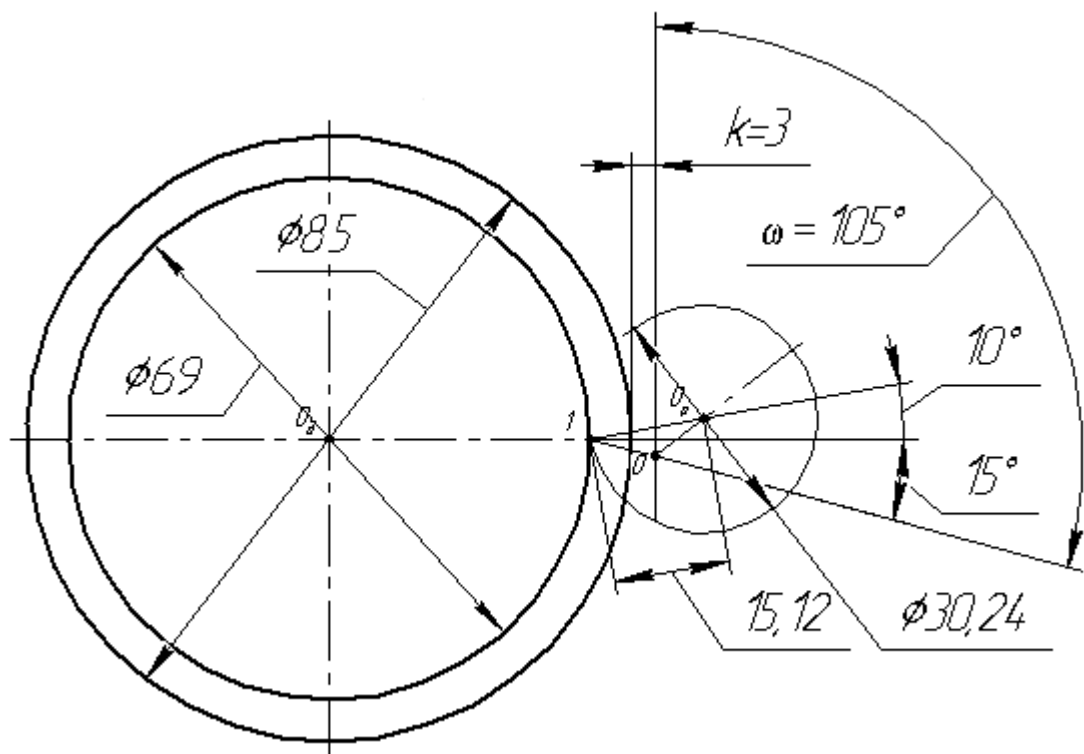


Рис. 3.4. Графічний метод розрахунку найбільшого радіусу круглого фасонного різця.

Довжина лінії, що з'єднує точку 1 та O_p буде дорівнювати найбільшому радіусу різця. Знайдений радіус округляємо до найближчого більшого нормалізованого значення.

$$R_1 = R_{\max} = 25 \text{ мм.}$$

1.3. Вибір габаритних та конструктивних розмірів

З двох отриманих значень найбільшого радіусу круглого фасонного різця вибираємо найбільше і приводимо у відповідність з радіусами, що рекомендуються, з урахуванням глибини профілю приймаємо такі розміри:

$$D = 50h12 \text{ мм}$$

$$d = 13H14 \text{ мм}$$

$$d_1 = 20 \text{ мм}$$

$$b_{\max} = 9 \text{ мм}$$

$$k = 3 \text{ мм}$$

$$r = 1 \text{ мм}$$

Розміри отворів під регулювальний штифт:

$$D_1 = 28 \text{ мм},$$

$$d_2 = 5 \text{ мм}.$$

Залежно від матеріалу заготовки та його механічних властивостей обираємо значення переднього та заднього кутів:

прийнято $\gamma = 15^\circ$,

прийнято $\alpha = 10^\circ$.

$$\text{Висота установки різця } h_\delta = R_1 \cdot \sin(\alpha) = \frac{50}{2} \cdot \sin 10^\circ = 4,34 \text{ мм},$$

$$\text{Висота заточки різця } H_\delta = R_1 \cdot \sin(\alpha + \gamma) = \frac{50}{2} \cdot \sin(10^\circ + 15^\circ) = 10,565 \text{ мм}.$$

Кількість отворів під штифти конструктивно прийнято 1.

2. Аналітичний розрахунок профілю круглого фасонного різця.

Вісь різця паралельна осі деталі. Базова точка 1 різця встановлена на висоті лінії центрів деталі та відповідає точці перетину кола з радіусом $r_1 = r_{\min}$ та горизонтальної лінії центрів.

Через точку 1 проведемо слід попередньої поверхні під кутом γ до горизонтальної лінії центрів. Опустимо з центру обертання деталі O_d на неї перпендикуляр $O_d - \alpha$. Останні точки різального леза будуть нижче точки 1 і

горизонтальної лінії центрів(через нахил передньої поверхні).

Далі проводимо корекційний розрахунок профілю різця, що включає два етапи .

Перший етап полягає у визначенні відстаней до передньої поверхні від точки 1 до кожної вузлової точки леза фасонного різця($C_2, C_3, C_4, \dots$).

Другий етап полягає у визначенні радіусів кіл, які проходять через вузлові точки леза фасонного різця ($R_2, R_3, R_4, \dots$)

Перший етап

Через центр деталі O_d та відповідні вузлові точки проведемо прямі і отримаємо кілька прямокутних трикутників, які мають загальний катет O_d-a та гіпотенузу, рівні радіусам $r_2, r_3, r_4, \dots$ кіл деталей, що проходять через вузлові точки.

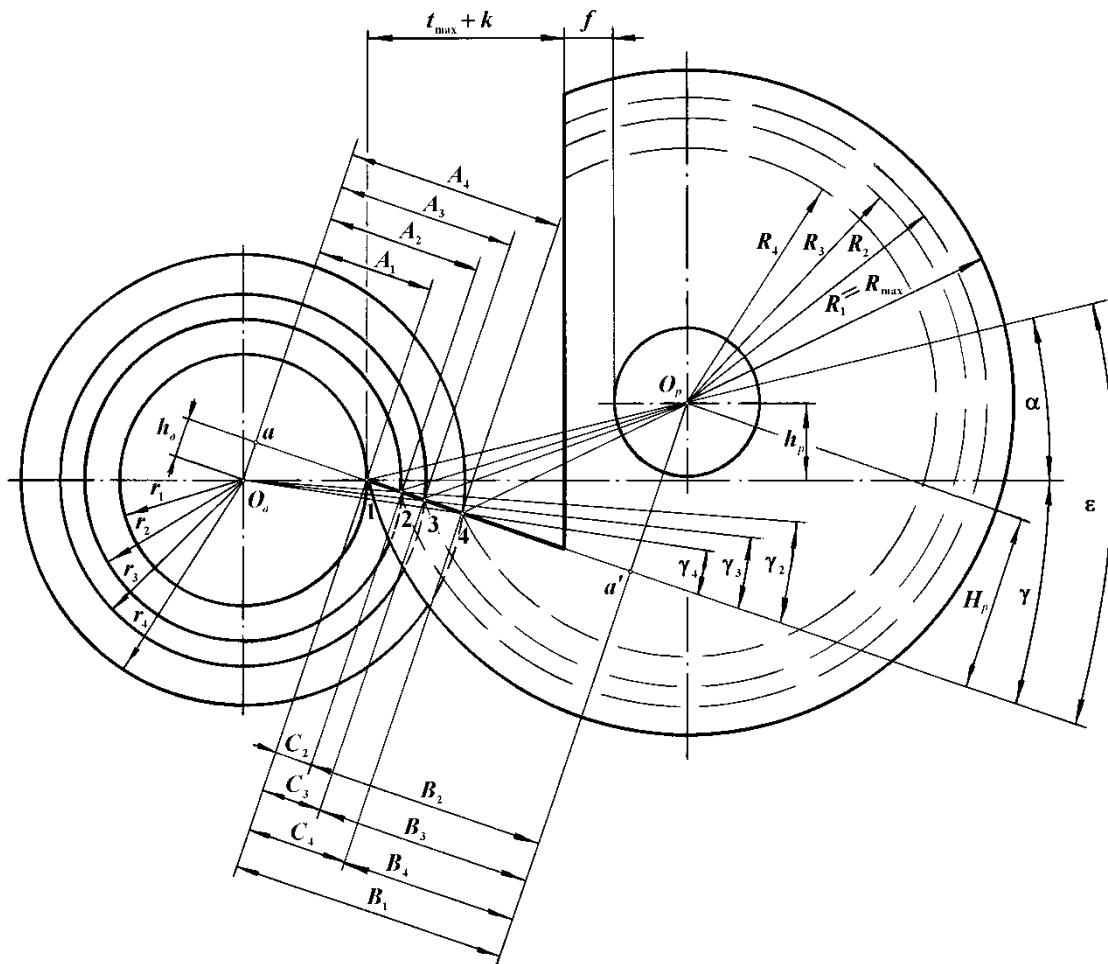


Рис. 3.5. Схем а аналітичного розрахунку профілю круглого фасонного різця

Відстані C_2 , C_3 , C_4 рівні різниці катетів прямокутних трикутників, що утворюються після з'єднання O_d з вузловими точками 2, 3, 4 та прямокутного трикутника O_d - α -1.

Кути у вершинах 2, 3, 4 позначені відповідно γ_2 , γ_3 , γ_4 .

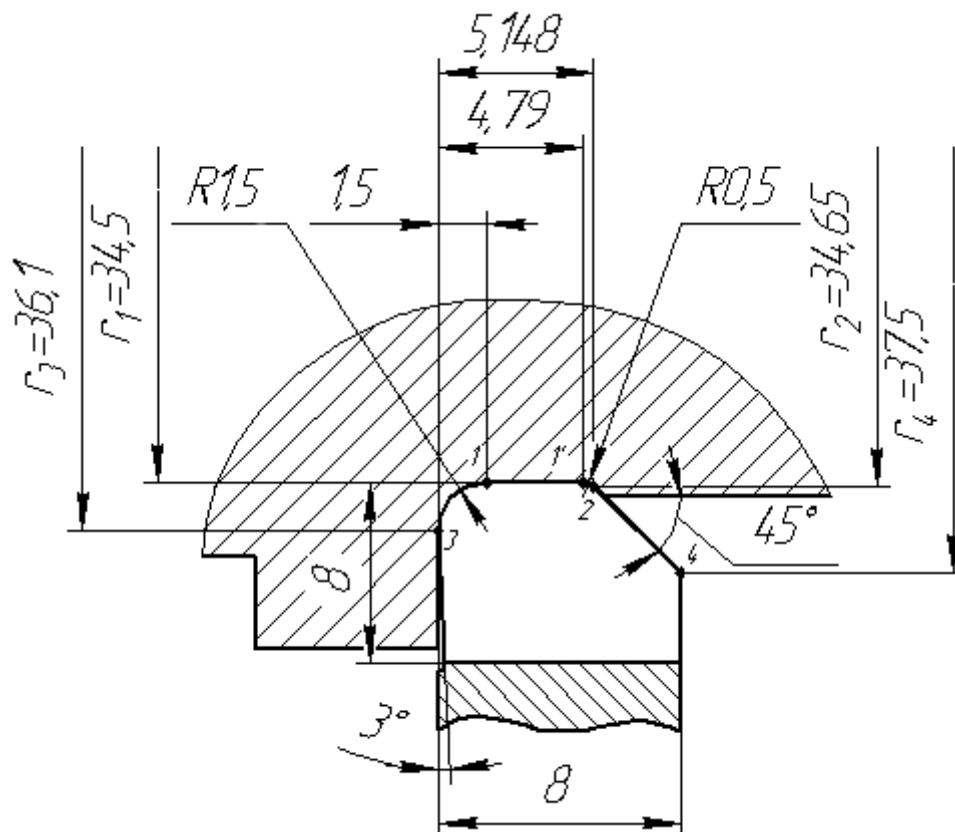


Рис. 3.6. Координати розташування вузлових точок на оброблюваній поверхні

На підставі розрахункової схеми складаємо рівняння:

$$1) \gamma_1 = \gamma = 15^\circ,$$

$$\alpha_1 = \alpha = 10^\circ,$$

$$\text{з } \Delta \hat{I}_{\bar{a}} - a - 1$$

$$h_{\bar{a}} = r_1 \cdot \sin(\gamma_1) = 34,5 \cdot \sin 15^\circ = 8,929 \text{ мм},$$

$$A_1 = r_1 \cdot \cos(\gamma_1) = 34,5 \cdot \cos 15^\circ = 33,324 \text{ мм},$$

$$2) \text{ из } \Delta O_{\bar{a}} - a - 2$$

$$\sin(\gamma_2) = \frac{h_{\bar{a}}}{r_2} \Rightarrow \gamma_2 = \arcsin\left(\frac{h_{\bar{a}}}{r_2}\right)$$

$$A_2 = r_2 \cdot \cos(\gamma_2) = r_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{h_\partial}{r_2}\right)\right) = 34,65 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{8,929}{34,65}\right)\right) = 33,470 \text{ мм},$$

$$C_2 = A_2 - A_1 = 33,470 - 33,324 = 0,146 \text{ мм}.$$

3) из $\Delta O_\partial - a - 3$

$$\sin(\gamma_3) = \frac{h_\partial}{r_3} \Rightarrow \gamma_3 = \arcsin\left(\frac{h_\partial}{r_3}\right)$$

$$A_3 = r_3 \cdot \cos(\gamma_3) = r_3 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{h_\partial}{r_3}\right)\right) = 36,1 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{8,929}{36,1}\right)\right) = 34,978 \text{ мм},$$

$$C_3 = A_3 - A_1 = 34,978 - 33,324 = 1,654 \text{ мм}.$$

4) из $\Delta \hat{I}_{\hat{a}} - a - 4$

$$\sin(\gamma_4) = \frac{h_{\hat{a}}}{r_4} \Rightarrow \gamma_4 = \arcsin\left(\frac{h_{\hat{a}}}{r_4}\right)$$

$$A_4 = r_4 \cdot \cos(\gamma_4) = r_4 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{h_\partial}{r_4}\right)\right) = 37,5 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{8,929}{37,5}\right)\right) = 36,421 \text{ мм},$$

$$C_4 = A_4 - A_1 = 36,421 - 33,324 = 3,097 \text{ мм}.$$

Другий етап

З центру різця O_∂ опустимо перпендикуляр на передню поверхню

$O_\partial - \alpha'$.

Радіуси різця, отримані з'єднання т. O_∂ з вузловими точками, утворюють прямокутні трикутники із загальними катетом H_∂ . Другі катети – B_1, B_2, B_3, B_4 . Гіпотенузи дорівнюють радіусам R_1, R_2, R_3, R_4 .

Вирішуючи прямокутні трикутники знайдемо:

$$1) \varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1 = 10^\circ + 15^\circ = 25^\circ,$$

$$H_p = R_1 \cdot \sin(\varepsilon_1) = 25 \cdot \sin 25^\circ = 10,565 \text{ мм},$$

$$B_1 = R_1 \cdot \cos(\varepsilon_1) = 25 \cdot \cos 25^\circ = 22,658 \text{ мм}.$$

$$2) B_2 = B_1 - C_2 = 22,658 - 0,146 = 22,512 \text{ мм},$$

$$\operatorname{tg}(\varepsilon_2) = \frac{H_\delta}{B_2} \Rightarrow \varepsilon_2 = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_\delta}{B_2}\right),$$

$$R_2 = \frac{H_\delta}{\sin(\varepsilon_2)} = \frac{B_2}{\cos(\varepsilon_2)}$$

$$R_2 = \frac{H_p}{\sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H_p}{B_2}\right)\right)} = \frac{10,565}{\sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{10,565}{22,512}\right)\right)} = 24,868 \text{ мм}.$$

$$3) B_3 = B_1 - C_3 = 22,658 - 1,654 = 21,004 \text{ мм},$$

$$\operatorname{tg}(\varepsilon_3) = \frac{H_p}{B_3} \Rightarrow \varepsilon_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_p}{B_3}\right),$$

$$R_3 = \frac{H_\delta}{\sin(\varepsilon_3)} = \frac{B_3}{\cos(\varepsilon_3)}$$

$$R_3 = \frac{H_p}{\sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H_p}{B_3}\right)\right)} = \frac{10,565}{\sin\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{10,565}{21,004}\right)\right)} = 23,511 \text{ мм}.$$

$$4) B_4 = B_1 - C_4 = 22,658 - 3,097 = 19,561 \text{ мм},$$

$$\operatorname{tg}(\varepsilon_4) = \frac{H_p}{B_4} \Rightarrow \varepsilon_4 = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_p}{B_4}\right),$$

$$R_4 = \frac{H_p}{\sin(\varepsilon_4)} = \frac{B_4}{\cos(\varepsilon_4)}$$

$$R_4 = \frac{H_p}{\sin\left(\arctg\left(\frac{H_p}{B_4}\right)\right)} = \frac{10,565}{\sin\left(\arctg\left(\frac{10,565}{19,561}\right)\right)} = 22,232 \text{ мм.}$$

Корекційний розрахунок виконується з точністю до 0,001мм, отримані розміри різця округлюються до 0,01мм.

Прийнято:

$$R_1 = 25,00 \text{ мм.}$$

$$R_2 = 24,87 \text{ мм.}$$

$$R_3 = 23,51 \text{ мм.}$$

$$R_4 = 22,23 \text{ мм.}$$

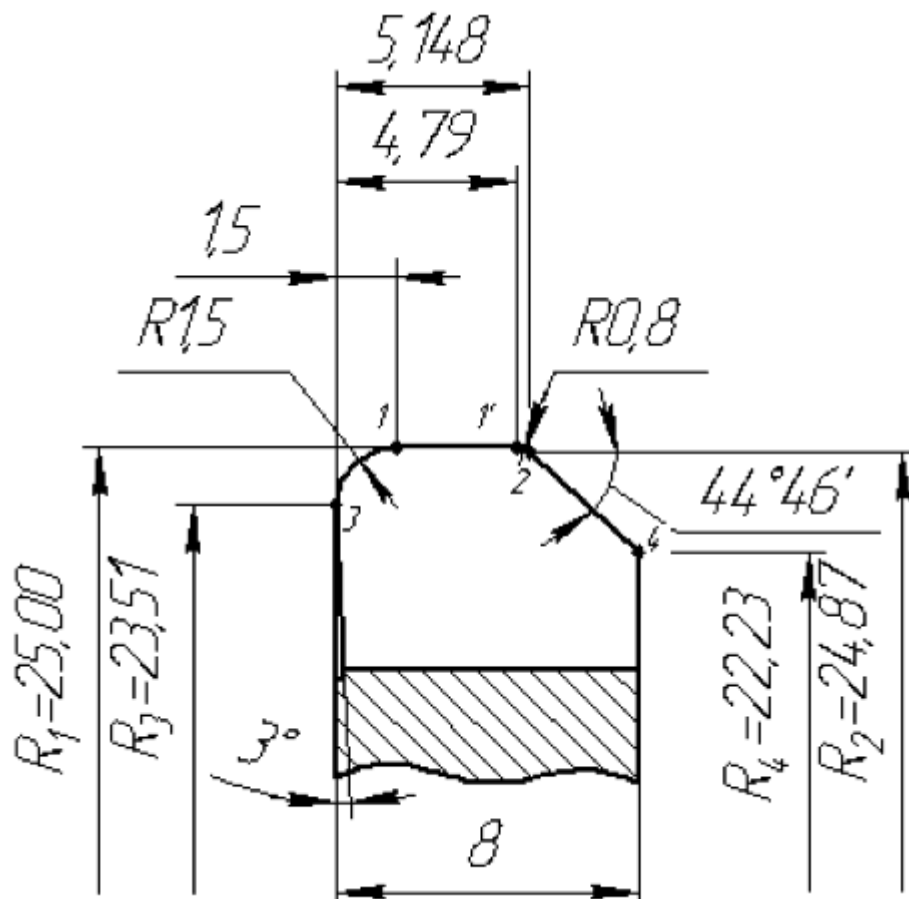


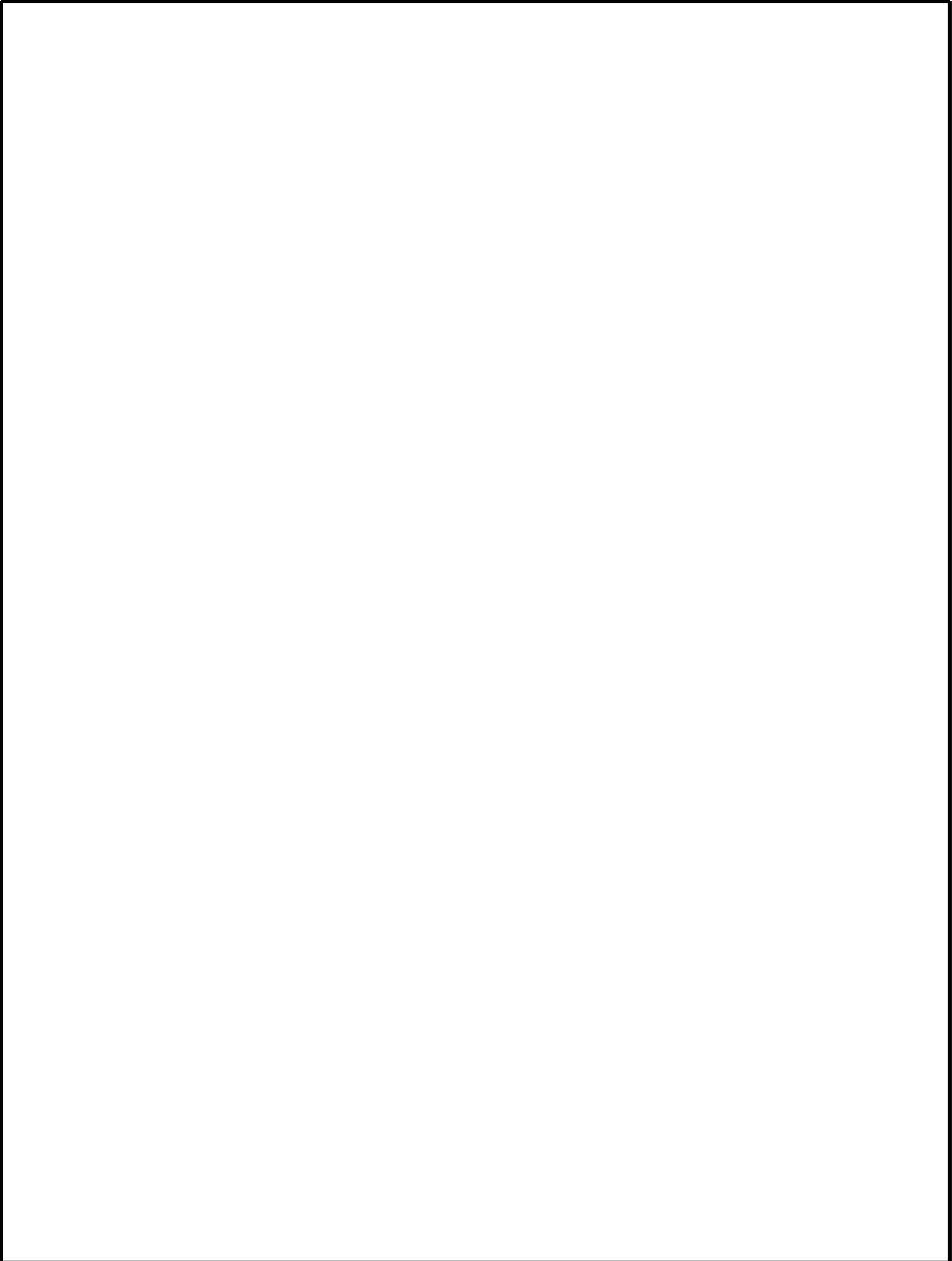
Рис.3.7. Координати розташування вузлових точок на фасонному різці

3. Додаткові різальні кромки фасонного різця

Ріжуча кромка 2-4 має велику довжину для зрізання частини припуску на токарній операції.

Для запобігання небажаному тертю бічної поверхні різця про уступ заготовки від точки 3 у напрямку осі різця виконано під середину з кутом 3° .

Загальна довжина різальної частини різця $L = 8$ мм.



					4267ст3.12.КРБ.05.04.ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Охорона праці та навколишнього середовища			Літера	Лист	Листів		
Студент	Телешов А. А.									67	75	
Керівник	Ткач М. Р.							НУК Ім. Адм. Макарова				
Консульт.												
Н. Контр.	Моргун С. О.											
Затверд.												

4.1. Вимоги безпеки перед початком робіт на верстаті

Перед початком виконання технологічних операцій станочник зобов'язаний виконати комплекс підготовчих заходів для забезпечення особистої безпеки та безаварійної роботи обладнання. Першочергово проводиться перевірка наявності та справності засобів індивідуального захисту. Робочий повинен одягти передбачений інструкцією спецодяг та спецвзуття закритого типу, сховати волосся під головний убір, щільно застебнути манжети рукавів і заправити одяг таким чином, щоб виключити наявність звисаючих чи незакріплених кінців тканини, які можуть бути захоплені рухомими частинами обладнання.

Підготовка робочого місця передбачає перевірку чистоти підлоги, яка повинна бути постійно сухою для запобігання ковзанню. Розміщені в зоні обслуговування дерев'яні пайолі під ногами станочника мають бути цілими, міцними та справними. У разі недостатності загального цехового освітлення обов'язковим є регулювання світильника місцевого освітлення з метою забезпечення нормативної видимості у робочій зоні та виключення ефекту засліплення очей.

Перед безпосереднім пуском верстату станочник зобов'язаний візуально та технічно перевірити огороження небезпечних зон, справність пускового механізму, цілісність заземлення, достатню кількість мастила у системі змащування, справність пульта управління та місцевого освітлення. Всі кнопки управління перед запуском повинні знаходитися у нейтральному положенні. Також контролюється наявність та справність робочого інструменту, оснастки і пристосувань.

Після виконання зазначених перевірок здійснюється обов'язкове тестування роботи верстату на холостому ході. Перед початком обробки робітник повинен виконати усі вимоги та вказівки по установці та вивірці заготовки, пристосувань та інструменту відповідно до чинної операційно-технологічної карти та карти наладки інструменту на обробку деталі. Станочнику категорично забороняється працювати у відкритому взутті, використовувати несправні пристосування та невірно заточений інструмент, самостійно відкривати дверцята електрошаф або

					4267ст3.12.КРБ.05.04.ПЗ	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

торкатися до струмопровідних частин електрообладнання (при необхідності треба звертатися до електромонтажника).

4.2. Вимоги безпеки під час роботи з верстатом

Під час виконання механічної обробки деталей різанням робітник повинен безперервно контролювати надійність кріплення оснастки та заготовки. Забороняється використовувати несправні затискні пристосування або інструмент із дефектами заточування, що суперечать вимогам операційно-технологічної карти. Весь процес обробки має здійснюватися виключно на режимах, передбачених картами наладки для конкретної операції. Перемикання швидкостей, зміна величини подачі або регулювання положення вузлів верстата під час руху шпинделя суворо заборонені.

Станочнику категорично забороняється торкатися руками рухомих частин обладнання, різального інструменту, а також деталей, що обертаються. Робота повинна виконуватися із застосуванням штатних захисних огорожень та екранів небезпечних зон. У разі недостатньої видимості в процесі обробки необхідно відрегулювати місцеве освітлення так, щоб світловий потік забезпечував чітку видимість робочої зони і при цьому не засліплював очі. Забороняється вручну прибирати стружку, яка відлітає або намотується на інструмент; для її видалення слід застосовувати спеціально передбачені технологічні гачки або кміти після короточасної зупинки процесу різання.

Будь-які контрольно-вимірювальні операції, вивірка лінійних розмірів за допомогою штангенциркулів чи мікрометрів, а також візуальний огляд оброблюваних поверхонь дозволяється проводити лише після повної зупинки верстата та встановлення кнопок пульта управління у нейтральне положення. Під час роботи забороняється спиратися на станину верстата, класти сторонні предмети на робочі столи чи супорти, а також відволікатися від виконання поточного технологічного процесу. При виникненні сторонніх шумів, стуків, надмірної вібрації або збоїв у системі подачі змащувально-охолоджувальної рідини верстат має бути негайно зупинений аварійною кнопкою. Станочнику

забороняється самостійно усувати несправності в електричній частині обладнання, відкривати дверцята електрошаф або наближатися до струмопровідних елементів; у разі виникнення аварійних ситуацій з електрооборудуванням слід негайно викликати електромонтажника.

4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи на верстаті

Після завершення виконання технологічних операцій станочник зобов'язаний повністю вимкнути верстат за допомогою пускового механізму, дочекатися повної зупинки шпинделя та перевести всі кнопки управління на пульті в нейтральне положення. Після цього здійснюється обов'язкове знеструмлення обладнання шляхом вимкнення головного пакетного вимикача електричної шафи. При виявленні будь-яких збоїв або несправностей в електричній схемі під час зміни робітник зобов'язаний зафіксувати їх та передати інформацію майстру дільниці і черговому електромонтажнику, не намагаючись самостійно відкривати щитки керування.

Робоче місце має бути приведене у належний санітарно-технічний стан. Підлогу навколо верстата необхідно ретельно очистити від бруду та проливів мастильних матеріалів, забезпечивши її абсолютну сухість для виключення ризику ковзання наступної зміни. Розміщені під ногами дерев'яні пайолі підлягають ретельному очищенню від застряглої стружки, перевірці на цілісність та справність конструкції, після чого вони акуратно вкладаються на своє робоче місце.

Прибирання самого верстата, його пазів, напрямних і станини від залишків металу та дрібної стружки проводиться виключно за допомогою спеціальних гачків та щіток-кмітел. Категорично забороняється здувати стружку стисненим повітрям або змахвати її голими руками, оскільки це призводить до травмування шкіри, ураження органів зору металевим пилом та засмічення внутрішніх рухомих вузлів верстата. Використаний робочий інструмент, оснастка та пристосування перевіряються на відсутність пошкоджень, протираються і складаються у спеціальні інструментальні шафи згідно з картами наладки. Готові

деталі та відсортовані заготовки переміщуються у відведену тару. Наприкінці зміни станочник повинен здати обладнання майстру, переконатися у відсутності пожежонебезпечних осередків тління і виконати процедури особистої гігієни, знявши спецодяг та ретельно вимивши руки і обличчя з милом.

4.4. Охорона навколишнього середовища на дільниці

Механообробна дільниця є джерелом техногенного впливу на навколишнє природне середовище через викиди в атмосферу, утворення специфічних відходів та використання хімічних речовин, що вимагає впровадження комплексу інженерно-технічних екологічних заходів. Під час високошвидкісного різання металів із застосуванням змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) у робочій зоні утворюється масляний туман, аерозолі та дрібнодисперсний пил. Для запобігання їх потраплянню в атмосферу цеху та довкілля верстати обладнуються місцевою витяжною вентиляцією. Перед викидом вентиляційного повітря в атмосферу воно проходить через багатоступеневі системи очищення, включаючи циклони та електростатичні фільтри, які вловлюють до 95–98% шкідливих домішок.

Відпрацьовані технологічні рідини становлять високу екологічну небезпеку через вміст нафтопродуктів та поверхнево-активних речовин, тому їх зливання у загальносплавну або дощову каналізацію категорично заборонено. На дільниці діє система роздільного збору відходів, відповідно до якої відпрацьовані оливи та емульсії зливаються у герметичні ємності для подальшої передачі на спеціалізовані підприємства з метою регенерації або екологічно безпечного знешкодження. Для унеможливлення просочування нафтопродуктів у ґрунт і підземні води при випадкових проливах підлога дільниці виконується з маслостійким покриттям та обладнується дренажними каналами.

4.5. Утилізація стружки

Металева стружка, що утворюється в процесі різання, є основним за об'ємом твердим відходом дільниці і розглядається як цінна вторинна сировина, яка

					4267ст3.12.КРБ.05.04.ПЗ	Лист
						71
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

потребує правильного поводження для подальшого металургійного переплаву. На ділянці організовано роздільний збір стружки за марками та видами матеріалів у чітко марковані контейнери, оскільки змішування різних металів знижує сортність брухту та суттєво ускладнює його подальше використання.

Оскільки стружка безпосередньо з-під верстата покрита плівкою ЗОР та масел, її тривале зберігання просто неба призводить до вимивання мастила дощовими водами у ґрунт. Для очищення від рідкої фази стружку піддають центрифугуванню у спеціальних барабанах, де відокремлена олива очищується і повертається у технологічний процес, а сухий метал спрямовується на подальшу обробку. Зливна сталева стружка через низьку насипну щільність надходить на стружкоподрібнювальні машини для перетворення на дрібну січку. Після цього на гідравлічних пресах під тиском понад 100 МПа виконується її брикетування. Отримані компактні брикети мають високу щільність, зручні для складування у закритих бункерах, не піддаються інтенсивній корозії та транспортуються на металургійні заводи для переплавлення, що забезпечує замикання безвідхідного циклу виробництва.

4.6. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виникненні аварійних ситуацій у процесі експлуатації верстатного обладнання станочник зобов'язаний діяти чітко, швидко та без паніки. У разі раптового заклинювання різального інструменту в заготовці, поломки свердла чи фрези, появи підвищеного биття, сильної вібрації або сторонніх металевих стуків у шпіндельній бабці, роботу необхідно негайно припинити, натиснувши кнопку аварійної зупинки (*E-Stop*), після чого повністю знеструмити верстат за допомогою ввідного рубильника.

При виявленні ознак несправності електрообладнання, таких як запах горілої ізоляції чи пластику, іскріння в електродвигуні або всередині електричної шафи, а також при відчутті дії електричного струму під час дотику до станини чи органів керування верстата, робітник повинен негайно припинити роботу,

знеструмити обладнання та терміново викликати чергового електромонтажника через майстра дільниці. Самостійно відкривати захисні щити або намагатися усунути неполадки в електричній схемі категорично заборонено.

У випадку травмування персоналу на дільниці (поранення гострою струшкою, защемлення кінцівок, механічні опіки тощо) першочерговою дією є повна зупинка та знеструмлення верстата, на якому стався інцидент. Потерпілому необхідно надати першу домедичну допомогу за допомогою засобів цехової аптечки (зупинка кровотечі, накладання стерильної пов'язки, іммобілізація кінцівок), одночасно сповістивши про подію керівництво дільниці та викликавши медичний персонал. До прибуття комісії з розслідування нещасного випадку робоче місце та стан обладнання слід залишати в тому вигляді, в якому вони були на момент події, якщо це не загрожує життю та здоров'ю інших працівників і не призведе до подальшого розвитку аварії.

4.7. Заходи цивільного захисту на дільниці в умовах воєнного стану

Організація цивільного захисту на механообробній дільниці спрямована на максимальне забезпечення безпеки персоналу та збереження матеріальних цінностей в умовах дії правового режиму воєнного стану. У разі отримання сигналу оповіщення «Повітряна тривога» через цехову систему гучномовного зв'язку або мобільні додатки, всі роботи на дільниці мають бути негайно припинені. Станочник зобов'язаний оперативно виконати екстрене безаварійне вимкнення верстата: плавно відвести інструмент від заготовки, зупинити шпиндель, перевести всі кнопки пульта в нейтральне положення та повністю знеструмити електричну шафу ввідним пакетним вимикачем для запобігання виникненню коротких замикань або пожеж у разі можливого ураження будівлі чи стрибків напруги.

Після знеструмлення обладнання персонал дільниці повинен без паніки, чітко дотримуючись вказаних на евакуаційних планах маршрутів, залишити територію цеху та переміститися до найближчого закріпленого захисного укриття (протирадіаційного укриття або обладнаного бомбосховища) підприємства.

					4267ст3.12.КРБ.05.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		73

Перебуваючи в укритті, працівники зобов'язані суворо виконувати вказівки старшого по сховищу і залишатися там до моменту офіційного оголошення сигналу «Відбій повітряної тривоги».

Цехова аптечка першої допомоги на ділянці повинна бути додатково укомплектована засобами для зупинки критичних кровотеч (сертифіковані джгути-турнікети, гемостатичні бинти, компресійні бандажі) та засобами індивідуального захисту органів дихання на випадок задимлення чи руйнування конструкцій. При виявленні на території ділянки або поблизу неї нерозірваних боєприпасів, уламків ракет чи БПЛА, підходити до них, торкатися чи переміщувати їх категорично заборонено. Необхідно негайно огородити небезпечну зону, евакуювати персонал на безпечну відстань та повідомити керівництво підприємства і підрозділи ДСНС.

4.8. Пожежна безпека на верстатній ділянці

За характером технологічного процесу та властивостями матеріалів, що використовуються (машинні оливи, змащувально-охолоджувальні рідини на нафтовій основі, легкозаймисті обтиральні матеріали), механообробна ділянка відноситься до приміщень з категорією **В** за вибухопожежною небезпекою. Для запобігання виникненню пожеж на кожному робочому місці повинен підтримуватися суворий протипожежний режим. Накопичення на станинах верстатів або на підлозі замасленого ганчір'я та дрантя категорично заборонено, оскільки такі матеріали схильні до самозаймання під дією внутрішніх хімічних процесів. Обтиральний матеріал повинен збиратися виключно у спеціальні металеві ящики з щільно закриваючимися кришками і видалятися з ділянки наприкінці кожної зміни.

Проходи до пожежних щитів, кранів, засобів зв'язку та шляхи евакуації мають бути постійно вільними від заготовок, готової продукції чи тари. Верстатна ділянка обов'язково комплектується первинними засобами пожежогасіння. Для ліквідації загорянь електроустановок та верстатів, що знаходяться під напругою, на ділянці розміщуються вуглекислотні вогнегасники (типу ВВ-3 або ВВ-5),

оскільки використання води у таких випадках призведе до ураження струмом. Для гасіння твердих матеріалів та проливів олив передбачаються порошкові вогнегасники і ящики з сухим піском.

У разі виявлення осередку пожежі або задимлення, кожен працівник зобов'язаний негайно натиснути кнопку сповіщення пожежної сигналізації, викликати пожежно-рятувальну службу за телефоном «101» із зазначенням точної адреси, місця виникнення пожежі та свого прізвища, а також повідомити майстра ділянки. Одночасно з цим необхідно вжити заходів щодо знеструмлення всього електрообладнання ділянки та, за відсутності прямої загрози власному життю і здоров'ю, приступити до гасіння пожежі на початковій стадії за допомогою наявних вуглекислотних або порошкових вогнегасників.

					4267ст3.12.КРБ.05.04.ПЗ	Лист
						75
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок:

В кваліфікаційній роботі бакалавра було вирішено завдання «Проектування технології виготовлення шестерні ведучої». За результатом виконання роботи було зроблено наступні висновки:

В загальному розділі було розглянуто призначення деталі, було проведено кількісний та якісний аналіз технологічності. Також було проведено аналіз фізичних та хімічних властивостей матеріалу з якого буде виконана деталь та було призначено програму випуску деталі та тип виробництва.

В технологічному розділі було зроблено порівняльний аналіз методів отримання заготовки згідно якого було прийнято метод штампування на горизонтально – кувальних молота. Розрахунок собівартостей підтвердив економічну доцільність цього методу. Розроблено оптимальний маршрут механічної обробки деталі, який забезпечує послідовне досягнення заданої точності та шорсткості поверхонь. На основі цього маршруту біло вибрано відповідне технічне устаткування, яке має забезпечити виконання даного маршруту. Розрахунково – аналітичним методом визначено припуску на обробку поверхні $\varnothing 70k6$, що дозволити зменшити витрати матеріалу. Розраховано оптимальні режими різання та норми часу для токарно – чорнової операції, що забезпечує максимальну продуктивність.

В конструкторському розділі було спроектовано та розраховано спеціальне станочне пристосування для токарних операцій. Розрахунок сил затискання гарантує надійну фіксацію деталі під час обробки та виключає її деформацію. Також було спроектовано та розраховано спеціальний металоізаляний інструмент – різець круглий фасонний, що дозволяє суміщати проходи та підвищує точність профілю оброблювальної деталі.

В розділі охорони праці та навколишнього середовища було обґрунтовано комплекс заходів із технічної безпеки, виробничої безпеки та пожежної безпеки.

Література:

1. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин»/[С.М. Соловійов, М.М. Івахненко, О.П. Шумілов, В.О. Бобошко, О.О. Козленка]; за ред. проф. С.М. Соловійова. - Миколаїв: НУК, 2006 - 172 с.
2. Проектування заготовок у машинобудуванні навчальний посібник ./ В. А. Поліщук. – Миколаїв : НУК, 2017 – 276с.
3. **І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко.** Технологія машинобудування (дипломне проектування) Навчальний посібник – Львів : Новий світ 2000, 2015 – 743 с.
4. Дячун А. Є. «Технологія обробки типових деталей та складання машин» : методичний посібник з виконання курсового проекту / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. — Тернопіль : ТНТУ , 2016. — 75
5. Боженко Л.І. Технологія машинобудування Проектування та виробництво заготовок. - Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника. в 2-х т. /Під заг.ред.А.Г.Косилової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., переробл. і доп. – Київ, Техніка, 1991.
7. Івченко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці/Л.І.Івченко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «Сміт», 2006. – 320 с.
8. Колкер Я.Д., Руднєв О.Н. Базування та бази в машинобудуванні. - Начальний посібник. – Київ, Вища школа, 1991. – 100 с.
9. Паливода Ю.Є., Дячун А.Е., Лешук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки. – Навчальнометодичний посібник. – Тернопіль: Тернопільський нац.техн.університет ім. Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
10. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці. – Навчальний посібник. - /За заг.редк.т.н., І.П.Пістуна. – Суми, Вид-во «Університетська книга», 2000. – 207 с.

11. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. – Навчальний посібник для машинобудівних спец.вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

12. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. – Навчальний посібник/І.І.Юрчишин, Я.М.Литвиняк, І.Е.Грицай, М.Л.Кухляк, Я.М.Кусій, В.В.Ступницький, В.А.Яцюк, А.М.Кук,

Е.М.Махоркін, В.П.Свізінський. За заг.ред.І.І.Юрчишина. – Львів, Вид-во національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

13. Ткачук К.Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. – ДО, Техніка, 1991.

14. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування. – Навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.