

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.т.н., професор М.Р.Ткач

« 20 » 06 2025 р.



Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Проектування технології виготовлення
стойки редуктора (Ø400 мм; L = 292 мм)

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 4261



Шевченко В.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник



Шумілов О.П.

(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2025

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



“ 25 ” 03 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шевченко Віталій Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Проектування технології виготовлення стойки редуктора (Ø400 мм; L = 292 мм)“

керівник роботи к.т.н., доцент Шумілов О.П.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31.03.2025 р. № 299-уч

2. Строк подання студентом роботи 1.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарти; довідники; річна програма – 20000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

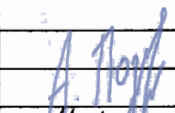
2) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

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

4) Заходи з охорони праці та навколишнього середовища: Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці

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

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Познанський А.С., к.т.н., доцент кафедри ІМ та ТМ		
Нормоконтроль	Новошицький А.В., к.т.н., доцент кафедри ІМ та ТМ		

7. Дата видачі завдання 25.03.25

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

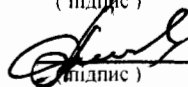
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	28.03.2025	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 2)	15.05.2025	
3	Оформлення конструкторського розділу (3)	23.05.2025	
4	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища	26.05.2025	
5	Оформлення креслень	20.05.2025	
6	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	2-7.06.2025	
7	Затвердження КРБ на кафедральному перегляді (ПЗ, креслення у форматі А1)	9-14.06.2025	
	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	14-16.06.2025	
	Затвердження КРБ зав.кафедрою (подання)	14-18.06.2025	
8	Рецензування	18-21.06.2025	
9	Оформлення анотації	20.06.2025	

Студент


(підпис)

Шевченко В.Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шумілов О.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення стойки редуктора ($\varnothing 400$ мм; $L = 292$ мм)» надано опис, призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня.

В кваліфікаційній роботі бакалавра наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

Ключові слова: стійка редуктора, заготовка, припуски, свердло-зенківка, пристосування для фрезерування лиски.

ABSTRACT

In the bachelor's qualification work on the topic "Design of the technology for manufacturing a gearbox rack ($\varnothing 400$ mm; $L = 292$ mm)", a description, purpose of the part and characteristics of the material from which it is made are provided, an analysis of its manufacturability, selection and justification of the type of production are made, a technological process for manufacturing a shaft-gear part is developed.

In the bachelor's qualification work, calculations of special devices and cutting and measuring tools are given, and measures for labor protection and the environment at the site are developed.

Keywords: gear rack, workpiece, allowances, countersink drill, flathead milling device. shaft-gear, workpiece, allowances, end mill, device for milling rollers.

						Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1.Призначення деталі.....	9
1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі	9
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	11
1.4.Вибір типу виробництва.....	13
2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1. Аналіз технологічного процесу	16
2.2. Вибір способу отримання заготовки.....	18
2.3. Розрахунок вартості основних матеріалів.....	26
2.4. Розрахунок припусків на механічну обробку	27
2.5. Вибір обладнання	32
2.6. Вибір ріжучого та вимірювального інструменту	36
2.7. Вибір оснащення	38
2.8. Вибір режимів різання	39
2.9. Розрахунок норм часу	45
3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	48
3.1.Розрахунок свердла-зенківки	49
3.2.Розрахунок пристосування на фрезерувальну операцію	50
4.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	54
4.1.Вступ.....	55
4.2.Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів	55
4.3. Методи зменшення небезпек, пов'язаних зі стружкою	59
4.4. Охорона навколишнього середовища	61
Список використаної літератури.....	63

						Арк.
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Технологія машинобудування - галузь науки і техніки, яка займається теоретичними дослідженнями, проектуванням та удосконаленням технологічних процесів виготовлення деталей машин, технологічного обладнання, оснащення машинобудівних цехів та складання виробів. Розглядає методи розробки і побудови раціональних технологічних процесів, вибір способу отримання заготовки, технологічного обладнання, інструменту та пристроїв, призначення режимів різання і встановлення технічно обґрунтованих норм часу.

Перед машинобудівниками України ставляться задачі із забезпечення подальшого розвитку машинобудування – основи технологічного переобладнання всіх галузей народного господарства. Рішення цих задач вимагає значного поліпшення якості машин, що випускаються, устаткування і приладів, підвищення їхнього технічного рівня, продуктивності й безпечності в експлуатації, інтенсифікації робіт з випуску закінчених систем машин і приладів, що дозволяють комплексно механізувати і автоматизувати весь технологічний цикл від надходження сировини до відвантаження готової продукції.

Механізація і автоматизація виробничих процесів є основою підвищення продуктивності праці і збільшення обсягів випуску продукції.

Одним із основних напрямків переоснащення верстатного парку є застосування верстатів з числовим програмним керуванням (особливо в умовах серійного виробництва), що дозволяє автоматизувати цикл робіт, значно скоротити час на перепочинок і тим самим розширити можливості застосування верстатів для обробки деталей дрібними партіями.

Спільне застосування верстатів з ЧПК, засобів ЕОМ та уніфікованих процесів є першою комплексною умовою для створення ефективних спеціалізованих автоматизованих ділянок.

Процес виробництва в сучасних умовах зв'язують із досягненнями в галузі автоматизації виробництва. Оскільки проектування і розробка технології є щаблем виробництва, прогрес на цьому щаблі також повинен, у першу чергу, визначатися автоматизацією праці інженера. Застосування автоматизованого

						Арк.
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектування дозволяє підвищити точність розрахунків, вибрати найкращі варіанти для реалізації на основі строго математичного аналізу всіх або більшості варіантів проекту з оцінкою технічних, технологічних й економічних характеристик виробництва та експлуатації проектованого об'єкту, значно підвищити якість конструкторської документації та її термін проектування.

У дійсній кваліфікаційній роботі спроектовано технологічний процес обробки деталі «стійка редуктора». Розглянуті питання технологічної якості виготовлення деталей, продуктивності праці й економічності технологічного процесу, підвищення коефіцієнту використання матеріалу (за допомогою сучасних методів отримання заготовки). Використання обробки на верстатах з ЧПК, а також спеціальних пристосувань, ріжучого, та більш продуктивного вимірювального інструменту дозволяють збільшити швидкість обробки й зменшити працездатність виготовлення деталі.

						Арк.
						7
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Призначення деталі

Редуктор – це механізм, що складається з зубчастих або черв'ячних передач, укладений в окремий закритий корпус і працює в масляній ванні. Призначення редуктора – зниження частоти обертання і відповідно підвищення обертаючого моменту веденого валу в порівнянні з валом ведучим. Редуктори широко застосовують у різних галузях народного господарства, у зв'язку з чим велика кількість видів редукторів.

Редуктор складається з корпусу (литого чавунного або зварного сталюого), в якому поміщають елементи передачі – зубчасті колеса, вали, підшипники та ін. Корпуси редукторів повинні бути міцними і жорсткими. для зручності складання корпуси редукторів виконують роз'ємними. Опорами валів редуктора, як правило, є підшипники кочення. Змащення передач редукторів здійснюється зануренням в масляну ванну, підшипників – розбризкуванням або пластичним мастилом.

Також це пристрій для зниження і підтримки постійним тиску робочого середовища (газу, пари або рідини) на виході з балону або іншої ємності з більш високим тиском, одночасно виконуючи функції запобіжного та запірного клапану. Редуктор встановлюють в апаратах для газового зварювання, у хлоридах води, сатураторах та ін. Вони можуть бути використані також у різних апаратах для здійснення додаткових операцій змішування, підігріву, охолодження та ін.

Стійка редуктора є важливим елементом механізму, служить для встановлення і закріплення редуктора на фундаменті. За її допомогою забезпечується нерухомість і точність розташування при періодичній або довготривалій роботі в умовах значних навантажень і вібрацій.

1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі

Проектована деталь – стійка редуктора, має циліндричний профіль з габаритними розмірами $\varnothing 400 \times 292$ мм. Симетрична відносно осі за виключенням лиски на циліндричній поверхні $\varnothing 160$ мм.

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал деталі – сталь 45Л для виливків звичайна, ДСТУ 8781:2018. Застосовується для виготовлення деталей, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності й високого опору зношування, а також які працюють під дією статичних і динамічних навантажень. Дозволяє одержати комбінацію високих значень механічних характеристик і гарну технологічність при порівняно невисокій вартості. Її застосовують після нормалізації і гартування.

Після гартування матеріал здобуває більшу твердість, але стає менш пластичним, тому для зниження крихкості й підвищенню пластичності і в'язкості застосовують відпуск.

Після нормалізації підвищується міцність і в'язкість, однорідність структури та покращення оброблюваності сталі, а також зменшуються внутрішні напруження.

Властивості сталі 45Л:

1. Щільність: $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.
2. Модуль пружності: $\varepsilon = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.
3. Модуль зрушення: $G = 0,83 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Властивості сталі 45Л

Таблиця 1.1

Режими термообробки	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ
	не менше					148-217
Нормалізація 860-880 °С Відпуск 600-630 °С	320	550	12	20	29	
Гартування 860-880 °С Відпуск 550-600 °С	400	600	10	20	24	
Нормалізація 860-880 °С Відпуск 630-650 °С	290	520	10	18	24	

Хімічний склад матеріалу 45Л (основа - Fe), %

Таблиця 1.2

C	Si	Mn	S	P
0,42-0,5	0,2-0,52	0,45-0,9	до 0,06	до 0,06

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічні властивості:

1. Зварюваність: важко зварювана – для отримання якісних зварних з'єднань потрібні додаткові операції: підігрів до 200-300 °С при зварюванні, термообробка після зварювання – відпал.

2. Флокеночутливість: не чутлива (поява численних тонких звивистих тріщин на оброблених поверхнях не відбувається).

3. Схильність до відпускної крихкості: не схильна.

4. Лінійна усадка: 2,2 – 2,3 %.

5. Оброблюваність різанням: після відпалювання при 200 НВ

$K_{V\text{ тв.спл}} = 1,1$; $K_{V\text{ б.ст}} = 0,7$.

6. Температура початку затвердіння: 1480-1490 °С.

7. Показник тріщиностійкості: $K_{т.с.} = 0,8$.

8. Схильність до утворення усадочних раковин: $K_{у.р.} = 1,2$.

9. Рідкотекучість: $K_{р.т.} = 1,0$.

10. Схильність до утворення усадочної пористості: $K_{у.п.} = 1,0$.

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Основними критеріями технологічності деталей, що підлягають механічній обробці є працемісткість, точність і стабільність отримання геометричних розмірів і шорсткості поверхні, можливість обробки високопродуктивними методами.

Стійка виготовляється зі сталі 45Л литтям, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів.

Також обгрунтовані вимоги до норм точності міжосьових відстаней, відстаней між різьбовими отворами, в прийнятих нормах знаходяться поля допусків і квалітет діаметрів отворів. Задана точність досягається на металообробних верстатах нормальної точності при призначенні відповідних режимів. Деталь проста по конструкції, її обробка не викликає утруднень, тому що всі поверхні мають легкий доступ для ріжучого інструменту, а також забезпечують його вільний вихід після обробки.

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, конструктивна технологічність стойки редуктора визначається:

1. простотою конструктивних форм (деталь складається зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів: діаметральних і лінійних розмірів);
2. надійністю технологічних баз;
3. поєднанням технологічної, конструкторської і вимірювальної баз;
4. нормальними умовами врізання інструменту і його виходу;
5. деталь має точність і шорсткість, які можна отримати стандартним уніфікованим інструментом при стандартному технологічному процесі;
6. матеріал заготовки відповідає вимогам технології виготовлення: при виготовленні немає необхідності застосовувати складні технологічні процеси виготовлення деталі;
7. деталь симетрична щодо своєї осі за виключенням лиски;
8. всі шорсткості, позначені на кресленні, відповідають даним квалітетам точності, а це також є однією з умов технологічності.

Спеціальні вимоги до технологічності деталі в умовах автоматизованого виробництва зводимо до табл.1.3.

Вимоги до технологічності деталі

Таблиця 1.3

№№	Показник вимог до технологічності	Висновки за показниками
1.	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно (отв.Ø120H7, вал 160h9)
2.	Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно
3.	Наявність глибоких отворів $L/D > 10$	Ні, технологічно
4.	Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка	Так, технологічно
5.	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти	Так, нетехнологічно

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як висновок, можна зазначити, що для механічної обробки деталі необхідним стане проектування спеціальних пристосувань для установки та закріплення деталі на верстаті та проектування спеціального інструменту.

1.4. Вибір типу виробництва

Тип виробництва - класифікаційна категорія, від якої залежить організація виробництва, характер технологічного процесу, вживані верстати та інструменти.

Тип виробництва можна визначити двома способами: за ступенем спеціалізації робочих місць або за річною програмою та масою деталі.

Ступінь спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, від яким розуміють відношення кількості різних операцій, що виконуються на одному робочому місці протягом місяця (N_p) до кількості робочих місць на дільниці або в цеху (M_p):

$$K_{з.о.} = \frac{N_p}{M_p}.$$

Якщо за робочим місцем, незалежно від його завантаження, закріплена лише одна операція, то $K_{з.о.} = 1$, що відповідає масовому виробництву.

При $1 < K_{з.о.} < 10$ – багатосерійне виробництво;

При $10 < K_{з.о.} < 20$ – середньосерійне виробництво;

При $20 < K_{з.о.} < 40$ – дрібносерійне виробництво;

При $K_{з.о.} > 40$ – одиничне виробництво.

Якщо визначити коефіцієнт закріплення операцій неможливо або важко (при проектуванні нових дільниць і цехів), тип виробництва орієнтовно може бути визначений за річною програмою випуску та масою деталі, яка підлягає обробці.

Згідно табл.1.4 при обсязі річної програми випуску – 20000 шт. і масі деталі більш ніж 10 кг обираємо багатосерійний тип виробництва.

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір типу виробництва

Таблиця 1.4

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	дрібносер.	середньосер.	багатосер.	масове
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10,0	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Багатосерійне виробництво наближено до масового. Вироби виготовляються великими серіями обмеженої номенклатури, а основні або найважливіші випускаються постійно і безупинно. Робочі місця мають вужчу спеціалізацію порівняно з серійним виробництвом. Види рухів предметів праці – паралельно-послідовний і паралельний. Заводи мають просту виробничу структуру, обробні і складальні цехи спеціалізовані за предметним принципом, а заготівельні – за технологічним. Механічна обробка ведеться переважно на універсальних верстатах, які можна легко переналадити на іншу номенклатуру виробів. При обробці застосовується велика кількість спеціальних пристосувань для базування та закріплення заготовок, спеціальних ріжучих інструментів та вимірювальних засобів.

					4261.07.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення деталі – стійка редуктора, спроектований для серійного виробництва, тому устаткування розташовується за технологічними групами з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху підприємству, замкнутою дільницею. Основним обладнанням дільниці є універсальні верстати, верстати з ЧПК, застосовується спеціальне оснащення, пристосування, наладка устаткування.

Заготівка отримана литтям, виконана з основними поглибленнями, виступами, отворами, складними поверхнями деталі, з урахуванням припуску. Цей спосіб достатньо широко поширений, механізований, ефективний і відповідає виробничим можливостям сучасних машинобудівних підприємств.

Цим досягається менша витрата металу, значно менші припуски на обробку деталі, зменшення об'єму механічної обробки і, як наслідок, зниженням працездатності.

При розробці технологічного процесу дотримуються вимог послідовності етапів механічної обробки:

- обробка поверхонь, які будуть використовуватись як технологічні бази на наступних етапах;
- напівчистова іта чистова обробка використовуваних поверхонь;
- виконання другорядних операцій;
- заключний контроль.

Вивчивши геометричні особливості деталі визначимо чорнові і чистові бази, які будуть використані для її обробки.

В якості чорнової бази використовуємо циліндричну поверхню Ø160 мм. Вона буде використовуватись при: чорновій обробці зовнішнього і внутрішнього контуру деталі на токарному верстаті; чистовому розточуванні отвору Ø120 мм, шліфуванні отвору Ø120 мм.

В якості чистових баз використовуємо:

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- отвір Ø120H7 – базування на токарній і свердлильній операції при чистовій обробці зовнішнього контуру деталі, і обробці отворів діаметрів 5H9, 8H7, 12H8 мм та нарізанні різьби M6;
- циліндричну поверхню Ø160h9 – базування на фрезерувальній операції при обробці лиски.

Характеристики технологічного процесу по операціях

Таблиця 2.1

№№	Найменування операції	Зміст операції, обладнання, оснащення
005	Технічний контроль	Використовується контрольна плита. Здійснюється комплексна перевірка заготовки на відсутність тріщин, а також треба перевірити розміри заготовки згідно креслення деталі.
010	Токарна	Виконується чорнове обточування деталі по зовнішнім і внутрішнім поверхням. Верстат мод. 16P25H. Оснастка – універсальна: патрон 3-х кулачковий, різці - підрізний та розточувальний.
015	Токарна	Виконується чорнове обточування деталі на верстаті з ЧПК мод. 16K20Ф3. На цьому етапі деталь набуває основні макрогеометричні характеристики. Виконується зовнішня та внутрішня обробка. Оснастка універсальна: патрон 3-х кулачковий. Різці – підрізний, розточувальний.
020	Слюсарна	Виконується притуплення крайок, очищення деталі від стружки і задирок. Обладнання – верстак.
025	Термічна (нормалізація)	Полягає у нагріванні до температури 860-880 °С з наступним охолодженням на повітрі. Високий відпуск при температурі 600-630 °С. Нормативи термічної операції взяті з марочника сталей.
030	Контрольна	Перевірка твердості матеріалу деталі.
035	Токарна	Чистове розточування отвору в деталі. Це потрібно для підготовки чистових баз на наступні операції. Верстат мод. 16P25H. Оснастка універсальна – патрон 3-х кулачковий. Різець – розточувальний.

		Продовж.табл.2.1
040	Внутрішньо-шліфувальна	Шліфування отвору в деталі для підготовки баз під наступні операції. Верстат внутрішньо-шліфувальний мод. 3K228A
045	Контрольна	Перевірка якості обробки і шорсткості поверхні. Контроль виконується за допомогою спеціальних калібр-пробок і приладу для контролю шорсткості.
050	Токарна з ЧПК	Чистова токарна обробка деталі. Виконується обробка зовнішньої поверхні. Використовується верстат токарний з ЧПК мод. 16K20Ф3. Оснащення – патрон повідковий, оправка цангова. Ріжучий інструмент - різець підрізний, різець розточувальний, різець галтельний.
055	Вертикально-фрезерувальна	Фрезерування лиски на циліндричній поверхні деталі. Використовується вертикально-фрезерувальний верстат мод. VM127, спеціальне пристосування, фреза торцева.
060	Вертикально-свердлильна	Свердлення отворів діаметрами 5, 8 та 12 мм, нарізання різьби М6. Використовується вертикально-свердлильний верстат мод. 2P118Ф2, обладнання – палець установочний.
065	Слюсарна	Виконується очищення деталі від стружки і задирок перед завершальним контролем. Обладнання – верстак.
070	Контрольна	Перевірити зовнішнім оглядом відсутність на деталі вм'ятин, забоїн, корозії та дефектів, перевірити деталь на відповідність розмірам ескізу. Стіл контрольний.

2.2. Вибір способу отримання заготовки

Враховуючи матеріал, конструкцію і тип виробництва доцільно і економічно ефективно застосувати метод виконання заготовки, при якому її форма і розміри будуть максимально наближені до деталі. Застосовуємо метод отримання заготовки – лиття. Цей метод достатньо широко розповсюджений і автоматизований.

За рекомендаціями, викладеними в [1], приймаємо наступні способи:

- **лиття в піщано-глиняні форми** (машинна формовка з механізованим вийманням моделей);

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Найбільшу кількість виливків одержують у разових піщано-глиняних формах з формової суміші, що складається з кварцового піску, вогнетривкої глини та спеціальних добавок. Спосіб виготовлення виливків у разових піщано-глиняних формах є найпростішим і найдешевшим. Однак виливки, отримані таким способом, в більшості випадків мають знижену точність, вимагають підвищених припусків на механічну обробку, потребують великої кількості формових матеріалів (5-7 т на тону литва).

- **ЛИТТЯ В КОКІЛЬ** (з використанням металевого стержня циліндричної форми).

Порівняно з литтям в піщано-глиняні форми, лиття в кокіль має досить суттєві переваги: багаторазове використання форм; збільшення в 2-4 рази ефективності використання виробничих площ; зменшення обсягу обробки різанням внаслідок зменшення припусків на обробку; зменшення кількості браку; зменшення витрат стержневої суміші і виключення з використання формової суміші; збільшення як точності виливків, так і механічних властивостей литого металу; скорочення циклу виготовлення виливків. Все це сприяє зменшенню собівартості кокільних виливків на 10-15 % в умовах багатосерійного виробництва.

Кокілі мають і недоліки: відсутність податливості і газопроникності; швидке охолодження розплаву при заливці сприяє зниженню рідкотекучості і поганому заповненню форми; висока вартість кокілів; низька стійкість при литті чавунних та сталевих виливків внаслідок високої температури заливки розплаву; утворення вибілу на чавунних виливках, що приводить до необхідності допоміжної операції – відпалу.

2.2.1. *Отримання заготовки литтям в піщано-глиняні форми*

1. Тип виробництва – багатосерійне.

2. Враховуючи особливості конструкції деталі, приймаємо поверхню розняття штампу по осі деталі. Поверхня роз'єму плоска.

3. Визначення допусків розмірів та похибок розташування.

Клас розмірної точності виливка за [2] 9Т-13.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						19
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо – 10 клас розмірної точності.

Ступінь викривлення елементів виливків за [2] 6-9.

Приймаємо – 7 ступінь викривлення.

Ступінь точності поверхонь виливків за [2] 12-19.

Приймаємо – 13 ступінь точності.

Класи точності маси виливків за [2] 8-15.

Приймаємо – 10 клас точності маси.

Ряди припусків на обробку виливків за [2] 5-8.

Приймаємо – 6 ряд припусків.

Шорсткість виливка при прийнятому ступеню точності поверхонь 13 за [2] $Ra = 50$ мкм.

Допуски розмірів виливка

Таблиця 2.2

Розмір деталі, мм	Допуск розміру, мм
Ø 400	4
Ø 240	3,6
Ø 160	3,2
Ø 120	2,8
292	4
228,6	3,6
30	2,2
25	2
16	1,8

Допуск отвору Ø 120 мм встановлюється на один клас точніше, так як він виготовляється одним стержнем, тому приймаємо $T = 2,8$ мм.

Похибки розташування [1, табл.1.3, 1.4]:

похибка зсуву $\varepsilon_3 = \pm 0,8$ мм; $\varepsilon_3 = 1,6$ мм;

похибка викривлення $\varepsilon_B = \pm 0,6$ мм; $\varepsilon_B = 1,2$ мм.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.Визначення припусків на оброблення різанням [2, табл.3.11.3] і додаткових припусків [1, табл.1.7].

Припуски на обробку вилівка

Таблиця 2.3

Допуск розміру, мм	Вид остаточної обробки	Припуск на обробку Z_o , мм	Додатковий припуск Z_d , мм
4	Чистова	4,8	0,6
3,6	Чистова	4,4	0,6
3,2	Чистова	4,0	0,6
2,8	Тонка	3,9	0,8
4	Чистова	4,8	0,6
3,6	Чистова	4,4	0,6
2,2	Напівчистова	2,7	1,6
2	Напівчистова	2,5	2
1,8	Напівчистова	2,3	2

Додатковий припуск враховується тільки в тому разі, якщо він більше половини допуску відповідного розміру деталі. З табл.2.3 видно, що додатковий припуск враховуватиметься в лінійних розмірах 30, 25, 16 мм.

5.Визначаємо номінальні розміри вилівка

- (Ø 400) $400 + 2 \cdot 4,8 = 409,6 \pm 4$ мм, приймаємо 410 ± 4 мм;
 (Ø 240) $240 + 2 \cdot 4,4 = 248,8 \pm 3,6$ мм, приймаємо $249 \pm 3,6$ мм;
 (Ø 160) $160 + 2 \cdot 4 = 168 \pm 3,2$ мм, приймаємо $168 \pm 3,2$ мм;
 (Ø 120) $120 - 2 \cdot 3,9 = 112,2 \pm 2,8$ мм, приймаємо $113 \pm 2,8$ мм;
 (292) $292 + 2 \cdot 4,8 = 301,6 \pm 4$ мм, приймаємо 302 ± 4 мм;
 (228,6) $228,6 - 4,4 + 4,8 = 229 \pm 3,6$ мм; приймаємо $229 \pm 3,6$ мм;
 (30) $30 - 2,7 - 1,6 + 4,8 = 30,5 \pm 2,2$ мм; приймаємо $31 \pm 2,2$ мм;
 (25) $25 + 2,5 + 2 + 4,4 = 33,9 \pm 2$ мм; приймаємо 34 ± 2 мм;
 (16) $16 + 2,3 + 2 + 2,7 = 24,6 \pm 1,8$ мм; приймаємо $25 \pm 1,8$ мм.

6.Мінімально припустима товщина стінки. Згідно з [3, с.51] литтям в піщано-глиняні форми не рекомендується виготовляти виливки з товщиною стінок, для виливків з нелегованої сталі масою від 2 до 50 кг - менше 12 мм.

7.Призначення напусків та формувальних нахилів. Згідно з [3, с.50] ливарні нахили металевих моделей, при машинному формуванні – 1-2°.

8.Визначення мінімально допустимих діаметрів отворів.

Мінімальні діаметри отворів визначаються за формулою $D_{\min} = D_0 + 0,1L$, в якій: $D_0 = 10$ мм; L – глибина отвору.

$D_{\min} = 10 + 0,1 \cdot 302 = 40,2$ мм, отвір Ø 120 мм можливо виконати;

$D_{\min} = 10 + 0,1 \cdot 25 = 12,5$ мм, отвір Ø 12 мм неможливо виконати.

Отвори діаметрами 5 і 8 мм неможливо виконати при створенні заготовки.

Радіуси заокруглень, складають від 1/5 до 1/3 півсуми товщини двох сполучених стінок $R = 1/6 \dots 1/3(S_1 + S_2)/2$.

$S_1 = 25$ мм, $S_2 = 40$ мм

$R = (25 + 40)/12 = 5,42$ мм, приймаємо = 6 мм.

9.Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$K_{BM} = G_d/G_z = 32/55,8 = 0,57$.

2.2.2. Отримання заготовки литтям в кокіль

1.Тип виробництва – багатосерійне.

2.Враховуючи особливості конструкції деталі, приймаємо поверхню розняття штампу по осі деталі. Поверхня роз'єму плоска.

3.Визначення допусків розмірів та похибок розташування.

Клас розмірної точності вилівка за [2] 9Т-13.

Приймаємо – 9 клас розмірної точності.

Ступінь викривлення елементів виливків за [2] 6-9.

Приймаємо – 6 ступінь викривлення.

Ступінь точності поверхонь виливків за [2] 12-19.

Приймаємо – 12 ступінь точності.

Класи точності маси виливків за [2] 7-15.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймамо – 9 клас точності маси.

Ряди припусків на обробку виливків за [2] 4-7.

Приймаємо – 65 ряд припусків.

Шорсткість виливка при прийнятому ступеню точності поверхонь 12 за [2] $Ra = 25$ мкм.

Допуски розмірів виливка

Таблиця 2.4

Розмір деталі, мм	Допуск розміру, мм
Ø 400	3,2
Ø 240	2,8
Ø 160	2,4
Ø 120	2,0
292	3,2
228,6	2,8
30	1,8
25	1,6
16	1,4

Допуск отвору Ø 120 мм встановлюється на один клас точніше, так як він виготовляється одним стержнем, тому приймаємо $T = 2,0$ мм.

Похибки розташування [1, табл.1.3, 1.4]:

похибка зсуву $\varepsilon_z = \pm 0,8$ мм; $\varepsilon_z = 1,6$ мм;

похибка викривлення $\varepsilon_B = \pm 0,4$ мм; $\varepsilon_B = 0,8$ мм.

4.Визначення припусків на оброблення різанням [2, табл.3.11.3] і додаткових припусків [1, табл.1.7].

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припуски на обробку виливка

Таблиця 2.5

Допуск розміру, мм	Вид остаточної обробки	Припуск на обробку Z_o , мм	Додатковий припуск Z_d , мм
3,2	Чистова	3,4	0,4
2,8	Чистова	3,0	0,5
2,4	Чистова	2,8	0,8
2,0	Тонка	2,7	1,0
3,2	Чистова	3,4	0,4
2,8	Чистова	3,0	0,5
1,8	Напівчистова	2,2	1,0
1,6	Напівчистова	2,1	1,4
1,4	Напівчистова	1,9	1,4

Додатковий припуск враховується тільки в тому разі, якщо він більше половини допуску відповідного розміру деталі. З табл.2.3 видно, що додатковий припуск враховуватиметься в лінійних розмірах 30, 25, 16 мм.

5.Визначаємо номінальні розміри виливка

- (Ø 400) $400 + 2 \cdot 3,4 = 406,8 \pm 3,2$ мм, приймаємо $407 \pm 3,2$ мм;
 (Ø 240) $240 + 2 \cdot 3,0 = 246 \pm 2,8$ мм, приймаємо $246 \pm 2,8$ мм;
 (Ø 160) $160 + 2 \cdot 2,8 = 165,6 \pm 2,4$ мм, приймаємо $166 \pm 2,4$ мм;
 (Ø 120) $120 - 2 \cdot 2,7 = 114,6 \pm 2,0$ мм, приймаємо $114 \pm 2,0$ мм;
 (292) $292 + 2 \cdot 3,4 = 298,8 \pm 3,2$ мм, приймаємо $299 \pm 3,2$ мм;
 (228,6) $228,6 - 3 + 3,4 = 229 \pm 2,8$ мм; приймаємо $229 \pm 2,8$ мм;
 (30) $30 - 2,2 - 1,0 + 3,4 = 30,2 \pm 1,8$ мм; приймаємо $30 \pm 1,8$ мм;
 (25) $25 + 2,1 + 1,4 + 3,0 = 31,5 \pm 1,6$ мм; приймаємо $32 \pm 1,6$ мм;
 (16) $16 + 1,9 + 1,4 + 2,2 + 1,0 = 22,5 \pm 1,4$ мм; приймаємо $23 \pm 1,4$ мм.

6.Мінімально припустима товщина стінки. Згідно з [3, с.62] литтям в кокіл не рекомендується виготовляти виливки з товщиною стінок, для виливків з нелегованої сталі - менше 8-10 мм.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						24
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Призначення напусків та формувальних нахилів. Згідно з [3, с.60] для спрощення вилучення виливків з кокілю в конструкції відлитої деталі необхідно передбачати конусність стінок, перпендикулярних площині роз'єму в межах – 0,5-1,0°.

8.Радіуси заокруглень в сполученнях залежно від матеріалу виливка, товщини сполучених стінок і кута, утвореного між ними, вибирають за графіком [2, рис.3.15] $R = 4$ мм.

9.Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$$KBM = G_d / G_z = 32 / 49 = 0,65.$$

2.2.3. *Техніко-економічне обґрунтування вибору способу отримання заготовки*

Розрахунок виконуємо за методикою, викладеною у [1, с.312].

Вартість заготовок, отриманих литтям або штампуванням, розраховується за формулою

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_{\text{баз}}}{1000} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}},$$

де $C_{\text{баз}}$ – базова вартість 1 тони базових заготовок, грн./т;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість 1 тони відходів, грн.;

k_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

k_c – коефіцієнт, що залежить від ступеню складності;

k_t – коефіцієнт, що залежить від класу точності;

k_b – коефіцієнт, який залежить від маси заготовки;

k_n – коефіцієнт, який залежить від обсягу випуску заготовки.

Базова вартість однієї тони заготовок $C_{\text{баз}}$ приймається за даними підприємства – споживача цих заготовок. Так, відповідно за середньостатистичними даними з промислових підприємств $C_{\text{баз}} = 62600$ грн./т. Вартість відходів $S_{\text{відх}} = 1,5$ грн./кг.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						25
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти, що входять до формули обираються за відповідними таблицями:

$k_m = 1,21$ – для сталі вуглецевої; $k_c = 0,83$ – 2 група складності;

$k_t = 1,03$ – 2 класу точності (від 11 до 7т);

$k_{b1} = 0,82$ лиття в кокіль $k_{b2} = 0,78$ лиття в піщано –

глиняні форми; $k_n = 1,0$ - 2 група серійності.

Вартість заготовки, виготовленої литтям в кокіль:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{62600}{1000} \cdot 49 \cdot 1,03 \cdot 0,83 \cdot 0,82 \cdot 1,21 \cdot 1,0 \right) - (49 - 32) \cdot 1,5 =$$

2581,52 грн.

Вартість заготовки, виготовленої литтям в піщано – глиняну форму:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{62600}{1000} \cdot 55,8 \cdot 1,03 \cdot 0,83 \cdot 0,78 \cdot 1,21 \cdot 1,0 \right) - (55,8 - 32) \cdot 1,5 =$$

2782,71 грн.

Обираємо більш економічний варіант отримання заготовки, тобто лиття в кокіль.

2.3. Розрахунок вартості основних матеріалів

Витрати на основні матеріали визначаються виходячи з величини заданого об'єму готового випуску продукції, прогресивних норм витрат матеріалу на одиниця продукції, норм відходів і планових цін на матеріали і відходи.

Витрати на основні матеріали по одному виробу:

$$M = K_{\text{Т.З.}} \cdot m \cdot C_H - q \cdot C_{\text{ВІДХ}},$$

де - $K_{\text{Т.З.}}$ – коефіцієнт, що враховує транспортно заготівельні витрати $K_{\text{Т.З.}}=1,06$;

- m – маса деталі, кг;

- C_H – ціна матеріалу заготовки;

- q – маса відходів при виготовленні деталі заготовки; $q = (49 - 32) = 8,93$ кг.

- $C_{\text{ВІДХ}}$ – ціна реалізованих відходів

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = 1,06 \cdot 32 \cdot 62600 - 17 \cdot 340000 = 6104800 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на основні матеріали оформлені в вигляді табл.2.6.

Таблиця 2.6

Розрахунок витрат на основні матеріали

Найменування деталі	Річне завдання, шт.	Марка матеріалу	Норма витрат на одиницю, кг	Витрати на програму, т	Ціна 1т, грн.	Маса відходів на одиницю, кг	Маса відходів на програму, кг	Ціна 1 т відходів, грн.	сума від реалізації відходів, грн.	Сума витрат на матеріали, грн.	Витрати при відніманні відходів. грн
Стійка редуктора	20000	Сталь 45Л	49,0	980	62600	17,0	340000	1500	30000	6134800	6104800

2.4. Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної деталі.

2.4.1. Розрахунок припусків і операційних розмірів на поверхню Ø 160 мм

Розрахунково-аналітичним методом за методикою, викладеною в [4, с.95], визначимо припуски на механічну обробку поверхні Ø 160h9_{0.1}. Цей метод передбачає розрахунок припуску за елементами з урахуванням послідовності обробок. Послідовність обробки шийки Ø 160 мм, 9-го квалітету з шорсткістю Ra3,2 включає переходи: точіння обдирочне, точіння чорнове, точіння чистове.

Визначення мінімального припуску для операції – точіння обдирочне

Шорсткість поверхні на попередній операції (заготівка), Rz = 100 мкм, глибина дефектного шару на попередній операції – h = 150 мкм.

Похибка закріплення заготовки ε_y визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2},$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						27
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування, $\varepsilon_{\text{баз}} = 0$;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ - похибка закріплення, $\varepsilon_{\text{закр}} = 350$ мкм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування, $\varepsilon_{\text{пр}} = 100$ мкм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{350^2 + 100^2} = 364 \text{ мкм.}$$

Сумарне відхилення всіх видів похибок відхилень від геометричної форми визначається за формулою:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2},$$

де $\rho_{\text{см}} = \Delta_k \cdot B$ – відхилення від співвісності заготовки;

$\Delta_k = 0,0009$ мм – питома кривизна заготовки на 1 мм довжини;

$$\rho_{\text{см}} = 0,0009 \cdot 299 = 0,28 \text{ мм}$$

$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot D$ – жолоблення заготовки, $\Delta_k = 0,0009$;

$$\rho_{\text{кор}} = 0,0009 \cdot 407 = 0,385 \text{ мм}$$

$$\rho_o = \sqrt{280^2 + 385^2} = 500 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння обдирочне:

$$2Zi_{\min} = 2(R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \varepsilon_{y\ i-1} + \rho_{i-1}).$$

$$2Zi_{\min} = 2(100 + 150 + 364 + 500) = 2225 \text{ мкм.}$$

Визначення мінімального припуску для операції – точіння чорнове

Шорсткість поверхні на попередній операції (точіння обдирочне), $R_z = 100$ мкм, глибина дефектного шару на попередній операції – $h = 170$ мкм.

Похибка встановлення ε_y на даній операції:

$$\varepsilon_y = \sqrt{100^2 + 50^2} = 110 \text{ мкм.}$$

Похибка геометричних відхилень:

$\rho_{\text{см}}, \rho_{\text{кор}}$ приймаємо в вісотковому відношенні від початкових значень.

$$\rho_o = \sqrt{148^2 + 154^2} = 212 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння чорнове:

$$2Zi_{\min} = 2(100 + 170 + 110 + 212) = 1184 \text{ мкм.}$$

Визначення мінімального припуску для операції – точіння чистове

Шорсткість поверхні на попередній операції (точіння чорнове), $R_z = 63$ мкм, глибина дефектного шару на попередній операції – $h = 60$ мкм.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка встановлення ε_y на даній операції:

$$\varepsilon_y = \sqrt{20^2 + 10^2} = 22 \text{ мкм.}$$

Похибка геометричних відхилень:

$$\rho_o = \sqrt{80^2 + 60^2} = 100 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння чистове:

$$2Zi_{min} = 2(63 + 60 + 22 + 100) = 490 \text{ мкм.}$$

Визначення операційних розмірів по операціях

Розміри після операції точіння чистове, розмірами деталі

Допуск на деталь за 9 квалітетом складає 100 мкм;

Приймаємо такі операційні розміри:

$$d_{min} = d - Td = 159,9 \text{ мм; } d_{max} = 160 \text{ мм.}$$

Розрахунок операційних розмірів на операцію - точіння чорнове

Операція виконується за 11 квалітетом. Допуск на операцію складає 250 мкм.

$$\text{Мінімальний розмір: } d_{min} = 160 + 0,49 = 160,49 \text{ мм;}$$

$$\text{приймаємо } d_{min} = 160,50 \text{ мм.}$$

$$\text{Максимальний розмір: } d_{max} = 160,50 + 0,25 = 160,75 \text{ мм.}$$

Розрахунок операційних розмірів на операцію - точіння обдирочне

Операція виконується за 13 квалітетом. Допуск на операцію складає 630 мкм.

$$\text{Мінімальний розмір: } d_{min} = 160,75 + 1,184 = 161,934 \text{ мм;}$$

$$\text{приймаємо } d_{min} = 162,0 \text{ мм.}$$

$$\text{Максимальний розмір: } d_{max} = 162,0 + 0,63 = 162,63 \text{ мм.}$$

Розрахунок операційних розмірів на операцію - заготівка

Операція виконується за 14 квалітетом. Допуск на операцію складає 1000 мкм.

$$\text{Мінімальний розмір: } d_{min} = 162,63 + 2,225 = 164,855 \text{ мм;}$$

$$\text{приймаємо } d_{min} = 165,0 \text{ мм.}$$

$$\text{Максимальний розмір: } d_{max} = 165,0 + 1,0 = 166,0 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків зводимо до табл.2.7.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						29
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків припусків та операційних розмірів

Таблиця 2.7

Операція	Квалі-тет	Rz, мкм	h, мкм	ρ_o , мкм	ϵ , мкм	$2Zi_{min}$, мкм	Td, мкм	d_{min} , мм	d_{max} , мм
Заготівка	14	100	150	500	-	-	1000	165,00	166,00
Точіння обдирочне	13	100	170	212	364	2225	630	162,00	162,63
Точіння чорнове	11	63	60	100	110	1184	250	160,50	160,75
Точіння чистове	9	12,5	10	30	22	490	100	159,90	160,00

2.4.2. Розрахунок припусків і операційних розмірів на поверхню Ø 400 мм

Визначимо припуски на механічну обробку поверхні Ø 400h10_{-0.23}. Послідовність обробки Ø 400 мм, 10-го квалітету з шорсткістю Ra5 включає переходи: точіння обдирочне, точіння чорнове, точіння чистове.

Визначення мінімального припуску для операції – точіння обдирочне

Шорсткість поверхні на попередній операції (заготівка), $Rz = 100$ мкм, глибина дефектного шару на попередній операції – $h = 150$ мкм.

Похибка закріплення заготовки ϵ_y визначається за формулою:

$$\epsilon_y = \sqrt{350^2 + 100^2} = 364 \text{ км.}$$

Сумарне відхилення всіх видів похибок відхилень від геометричної форми визначається за формулою:

$$\rho_o = \sqrt{329^2 + 448^2} = 620 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння обдирочне:

$$2Zi_{min} = 2(R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \epsilon_y + \rho_{i-1}).$$

$$2Zi_{min} = 2(100 + 150 + 364 + 620) = 2468 \text{ мкм.}$$

Визначення мінімального припуску для операції – точіння чорнове

Шорсткість поверхні на попередній операції (точіння обдирочне), $Rz = 100$ мкм, глибина дефектного шару на попередній операції – $h = 170$ мкм.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						30
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка встановлення ε_y на даній операції:

$$\varepsilon_y = \sqrt{100^2 + 50^2} = 110 \text{ мкм.}$$

Похибка геометричних відхилень:

$$\rho_o = \sqrt{220^2 + 214^2} = 305 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння чорнове:

$$2Zi_{min} = 2(100 + 170 + 110 + 305) = 1370 \text{ мкм.}$$

Визначення мінімального припуску для операції – точіння чистове

Шорсткість поверхні на попередній операції (точіння чорнове), $Rz = 63$ мкм,
глибина дефектного шару на попередній операції – $h = 60$ мкм.

Похибка встановлення ε_y на даній операції:

$$\varepsilon_y = \sqrt{20^2 + 10^2} = 22 \text{ мкм.}$$

Похибка геометричних відхилень:

$$\rho_o = \sqrt{132^2 + 90^2} = 180 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск для операції – точіння чистове:

$$2Zi_{min} = 2(63 + 60 + 22 + 180) = 650 \text{ мкм.}$$

Визначення операційних розмірів по операціях

Розміри після операції точіння чистове, розмірами деталі

Допуск на деталь за 10 квалітетом складає 230 мкм;

Приймаємо такі операційні розміри:

$$d_{min} = d - Td = 400 - 0,23 = 399,77 \text{ мм; } d_{max} = 400 \text{ мм.}$$

Розрахунок операційних розмірів на операцію - точіння чорнове

Операція виконується за 12 квалітетом. Допуск на операцію складає 570 мкм.

$$\text{Мінімальний розмір: } d_{min} = 400 + 0,65 = 400,65 \text{ мм;}$$

$$\text{приймаємо } d_{min} = 400,70 \text{ мм.}$$

$$\text{Максимальний розмір: } d_{max} = 400,70 + 0,57 = 401,27 \text{ мм.}$$

Розрахунок операційних розмірів на операцію - точіння обдирочне

Операція виконується за 13 квалітетом. Допуск на операцію складає 890 мкм.

$$\text{Мінімальний розмір: } d_{min} = 401,27 + 1,37 = 402,64 \text{ мм;}$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо $d_{\min} = 402,70$ мм.

Максимальний розмір: $d_{\max} = 402,70 + 0,89 = 403,59$ мм.

Розрахунок операційних розмірів на операцію - заготівка

Операція виконується за 14 квалітетом. Допуск на операцію складає 1400 мкм.

Мінімальний розмір: $d_{\min} = 403,59 + 2,468 = 406,058$ мм;

приймаємо $d_{\min} = 406,1$ мм.

Максимальний розмір: $d_{\max} = 406,1 + 1,4 = 407,5$ мм.

Результати розрахунків зводимо до табл.2.8.

Результати розрахунків припусків та операційних розмірів

Таблиця 2.8

Операція	Квалі-тет	Rz, мкм	h, мкм	ρ_o , мкм	ϵ , мкм	$2Zi_{\min}$, мкм	Td, мкм	$d_{\min}$, мм	$d_{\max}$, мм
Заготівка	14	100	150	620	-	-	1400	406,1	407,5
Точіння обдирочне	13	100	170	305	364	2468	890	402,7	403,59
Точіння чорнове	12	63	60	205	110	1370	570	400,7	401,27
Точіння чистове	10	20	15	40	22	650	230	399,77	400

2.5. Вибір обладнання

Вибір обладнання здійснюється з урахуванням наступних чинників: розміри робочої поверхні столу верстата повинні відповідати розмірам оброблюваної деталі, можливість забезпечення заданих параметрів точності і шорсткості оброблюваної, відповідність потужності, жорсткості і кінематичних даних обладнання оптимальним режимам виконання операцій, забезпечення продуктивності праці, відповідність обладнання вимогам техніки безпеки і промислової санітарії, ціна устаткування. Якщо для операції, що розробляється,

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливо використання верстатів двох різних моделей, що забезпечують однакові вимоги за якістю обробки, то вирішальним при виборі моделі є економічність обробки.

Вертикально-свердлильний верстат моделі 2P135Ф2-2 призначений для виконання наступних операцій: свердління, зенкерування, розсвердлювання, зенкування, розгортання, нарізання різьби. Система ЧПК 2П32-3 позиційна.

*Технічна характеристика вертикально-свердлильного верстата
моделі 2P135Ф2-2*

Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	35
Найбільший діаметр різьби	M24
Кількість шпинделів	6
Кількість швидкостей шпинделю	12
Межі частоти обертання шпинделю, об/хв.	31,5-1400
Розміри конуса шпинделя за ДСТУ ГОСТ 25557:2008	Морзе 4
Найбільший хід шпинделю, мм	250
Робоча поверхня столу, мм	400 x 710
Кількість подач	9
Межі подач, мм/об.	0,1-1,6
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	4
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	H
Габарити, мм: довжина x ширина x висота	1860 x 2400 x 2700
Маса верстата, кг	4700

Токарно-гвинторізний верстат 16P25H призначений для обробки циліндричних, конічних і складних поверхонь - як внутрішніх, так і зовнішніх, а також для нарізання метричної, модульної, дюймової та пітчевої різьби.

*Технічна характеристика токарно-гвинторізного верстата
моделі 16P25H*

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм	35
Найбільший діаметр точіння над поперековим супортом, мм	290

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						33
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	710
Межі числа обертів шпинделю, об/хв.	6-1120
Межі подач обертів шпинделю, мм/об.:	
- поздовжніх	0,063-6,43
- поперечових	0,27-2,73
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	Н
Габарити, мм: довжина x ширина x висота	2800 x 1295 x 1575
Маса верстата, кг	2835

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20Ф3 сконструйований на базі токарно-гвинторізного верстату 16K20, тому компоновка, складові частини і рухи у цих верстатів однакові. Він призначений для токарної обробки в автоматичному режимі зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу «тіл обертання» із ступінчастим і криволінійним профілем різної складності по заздалегідь складеній керуючій програмі.

Пристрій ЧПК верстата забезпечує рух формоутворення (число одночасно керованих координат дорівнює двом), зміну значень подач, перемикання частот обертання шпинделя, індексацію різцевої головки і нарізування різьби по програмі. Система ЧПК 2Р22- контурна.

*Технічна характеристика токарно-гвинторізного верстата
моделі 16K20Ф3*

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм	500
Найбільший діаметр точіння над поперечовим супортом, мм	200
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	900
Кількість позицій інструментальної головки	8
Дискретність завдання переміщення, мм	0,001
Межі числа обертів шпинделю, об/хв.	12,5-2000
Найбільше переміщення супорта, мм:	
- поздовжнє	900

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- поперекове	250
Дискретність поздовжнього і поперекового переміщення	0,002
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	П
Габарити, мм: довжина x ширина x висота	3700 x 2260 x 1650
Маса верстата, кг	4000

Внутрішньо-шліфувальний верстат моделі 3K228A призначений для шліфування циліндричних і конічних, глухих і наскрізних отворів.

Технічна характеристика верстата моделі 3K228A

Діаметр отвору, що шліфується найбільший, мм	400
Найбільша довжина шліфування при найбільшому діаметрі отвору, що шліфується, мм	320
Найбільший зовнішній діаметр встановлюваної деталі, мм:	
- без кожуха	560
- в кожусі	400
Найбільший кут конуса, що шліфується	60°
Подача періодична, мм/дв.хід	0,002-0,012
Швидкість руху столу, м/хв.	0,1-10
Найбільше переміщення столу, мм	630
Частота обертання внутрішньошліфувальних шпинделів з ремінним приводом, хв ⁻¹	4500-14000
Частота обертання шпинделя деталі (регулювання безступінчасте), хв ⁻¹	100-600
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	7,5
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	А
Габарити, мм: довжина x ширина x висота	3535 x 1460 x 1870
Маса верстата, кг	5600

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						35
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат вертикально-фрезерувальний консольний моделі ВМ127 призначений для фрезерування деталей зі сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів торцевими, кінцевими, циліндричними та іншими фрезами. На верстаті можна обробляти вертикальні, горизонтальні та похилі площини, пази, кути, рамки, зубчасті колеса та ін.

Технічна характеристика верстата моделі ВМ127

Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	1600 x 400
Найбільше переміщення столу, мм:	
- поздовжнє механічне та ручне	1000
- поперекове механічне	300
- вертикальне механічне	400
Переміщення столу на один розподіл лімбу	
(поздовжнє, поперекове, вертикальне), мм	0,05
Частота обертання шпинделя, об/хв.	31,5-1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Число ступенів робочих подач столу	18
Межі робочих подач, мм/хв.:	
- поздовжніх і поперекових	25-1250
- вертикальних	8,3-416,6
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	Н
Габарити, мм: довжина x ширина x висота	2560 x 2260 x 2430
Маса верстата, кг	4250

2.6. Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

При виборі ріжучого інструменту керуємося наступними правилами:

- надається перевага стандартним і нормалізованим інструментам;
- інструментальний матеріал повинен виконувати вимоги максимальної стійкості інструменту з одного боку, а з іншого – його мінімальної вартості;

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						36
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обираємо на токарні операції інструмент, оснащений пластинами з твердого сплаву. При обробці сталі на чорнових операціях використовуємо сплав Т15К10, на чистових операціях – Т15К6.
- На свердлильній операції використовуємо інструмент із швидкоріжучої сталі (Р6М5, Р18, Р6М5Ф3).

На токарних операціях для виконання необхідного обсягу робіт використовуються різці: підрізний ГОСТ 18880-73; розточувальний ГОСТ 18880-73; галтельний.

На внутрішньошліфувальній операції застосовується круг ПВК 600х70х75 16А4-50 С1СМ2К6 ГОСТ 2464-87.

На вертикально-фрезерувальній операції використовується фреза торцева Ø 120 мм із вставними ножами ВК8 (число зубців - 8), ГОСТ 26595-85.

На свердлильній операції використовуються наступні інструменти: свердла діаметром 5, 7,8 мм ГОСТ 10903-77; свердло-зенківка для обробки отвору Ø 12 мм; зенкер Ø 11,75 мм ГОСТ 12489-71;

розгортки Ø 5 і Ø 12 мм ГОСТ 1672-80; комбінована розгортка (Ø 7,96 і Ø 8 мм).

Мітчик машинний для нарізання різьби М6 ГОСТ 3266-81.

Зенківка Ø 16 мм з кутом при вершині $\varphi = 90^\circ$ ГОСТ 14953-80.

Використання комбінованих інструментів дозволяє скоротити виробничий цикл і підвищити автоматизацію виробництва, так як на свердлильному верстаті в револьверній головці лише 6 шпинделів для установки інструментів.

Для закріплення інструментів в інструментальному магазині і шпинделі верстатів, залежно від розміру ріжучого інструменту, використовуються стандартні або спеціальні патрони, оправки, перехідні втулки.

Засоби контролю обираю з урахуванням метрологічних, експлуатаційних і економічних показників.

При виборі засобів контролю розмірів, форми і розташування оброблених поверхонь будемо застосовувати в основному контрольні засоби загального призначення:

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						37
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для контролю фаски в отворах призначаємо шаблоні кутові;
- для контролю зовнішніх діаметрів призначаємо калібр-скоби ГОСТ 1835-73, для внутрішніх діаметрів – калібр-пробки ГОСТ 14827-69;
- для контролю різьбових поверхонь призначаємо калібр-пробки різьбові ГОСТ 17756-72;
- для контролю шорсткості поверхонь використовуємо прилад для вимірювання шорсткості TR100 з діапазоном вимірювання по параметру Ra0,05-10,0 мкм;

штангенциркуль з цифровою індикацією IP-40 для виміру виступів та уступів ШЦЦ-500-0,01 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1 ГОСТ 166-89.

2.7. Вибір оснащення

Технологічне оснащення – засоби технологічного спорядження, які доповнюють технологічне устаткування під час виконання певної частини технологічного процесу. Пристосування – технологічне оснащення призначене для закріплення деталі чи інструмента при виконанні технологічного процесу. Пристосування – технологічне оснащення, призначене для закріплення деталі чи інструмента при виконанні технологічного процесу. Пристосування в першу чергу обирають від типу виробництва. В одиничному і малосерійному виробництвах слід застосовувати універсальні пристрої (лещата, ділильні універсальні головки, поворотні столи та ін.), у крупносерійному і масовому – головним чином спеціальні пристрої, які скорочують допоміжний та основний час більше, ніж універсальні при вищій точності. Пристосування повинні забезпечувати задану точність обробки, полегшувати працю верстатника при установці деталі, підвищувати продуктивність верстату та давати можливість багатOVERSTATного обслуговування. На основі технологічного процесу виготовлення деталі та обраного верстатного обладнання обираємо наступне оснащення:

- оправка з гідропластовим затисканням;

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пристосування спеціальне (4261.07.КРБ.05.05).

2.8. Вибір режимів різання

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

Елементи режимів різання встановлюємо в наступному порядку:

- глибина різання t : при чорновій (попередній) обробці призначають, по можливості, максимальну t ; при чистовій (остаточній) обробці, залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні;
- подача S : при чорновій обробці вибирають максимально можливу подачу; при чистовій обробці – залежно від необхідного ступеня точності і шорсткості обробленої поверхні;
- швидкість різання V розраховують по емпіричним, встановленим для кожного виду обробки формулам, які мають загальний вигляд

$$V = \frac{C_x}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v.$$

Аналітичний розрахунок режимів різання виконаємо для токарної операції і для обробки отвору діаметром 12 мм.

Розрахунок режимів різання при обробці отвору Ø 12 мм (див. [5]).

Свердління

Свердло-зенківка Ø 11 мм, матеріал Р6М5Ф3. Обробка виконується на верстаті моделі 2Р118Ф2.

$t = 5,5$ мм; $s = 0,2$ мм/об. [5, табл.25]; $S_{\text{пасп}} = 0,22$ мм/об.; $T = 45$ хв. [5, табл.30].

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$$C_v = 7,0; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2. [5, табл.28].$$

Коефіцієнт швидкості різання: $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$.

Коефіцієнт впливу якості матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{v}\right)^{nv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{650}\right)^1 = 1,096;$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						39
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал: $K_{nv} = 1,0$.

Коефіцієнт впливу глибини отвору: $K_{iv} = 1,0$.

Тоді,

$$K_v = 1,096 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,096.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{розр} = \left(\frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{7,0 \cdot 11^{0,4}}{45^{0,4} \cdot 0,22^{0,7}} \right) \cdot 1,096 = 12,6 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{розр} = \frac{V_{розр} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{12,6 \cdot 1000}{3,14 \cdot 11} = 364,8 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{корег} = 355 \text{ об/хв.}$

Відкорегована швидкість різання

$$V_{корег} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{корег}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 355}{1000} = 12,26 \text{ об/хв.}$$

Перевірка міцності

Розрахунок крутного моменту $M_{кр}$

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p.$$

Поправочний коефіцієнт K_p представляє собою коефіцієнт сили різання, який враховує якість матеріалу:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{v}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,898.$$

Значення коефіцієнтів для крутного моменту візьмемо з таблиці [5, табл.32]:

$$C_m = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^{2,0} \cdot 0,22^{0,8} \cdot 0,898 = 11,2 \text{ Нм.}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{11,2 \cdot 355}{9750} = 0,4 \text{ кВт, що менше ніж потужність верстата 4 кВт,}$$

тому режими різання приймаємо як коректні.

Зенкерування

Зенкер Ø 11,75 мм; 2320-2559 h8 ГОСТ 12489-71; матеріал Р18.

Обробка виконується на верстаті моделі 2Р118Ф2.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t = 0,375$ мм; $s = 0,5$ мм/об. [5, табл.26]; $S_{\text{пасп}} = 0,5$ мм/об.; $T = 30$ хв. [5, табл.30].

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$$C_v = 16,3; q = 0,3; x = 0,2; y = 0,5; m = 0,3 \text{ [5, табл.29].}$$

Коефіцієнт швидкості різання: $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$.

$$K_v = 1,096 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,096.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{\text{розр}} = \left(\frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{16,3 \cdot 11,75^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 0,375^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} \right) \cdot 1,096 = 22,3 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{\text{розр}} = \frac{V_{\text{розр}} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{22,3 \cdot 1000}{3,14 \cdot 11,75} = 604,4 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{\text{корег}} = 500$ об/хв.

Відкорегована швидкість різання

$$V_{\text{корег}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{корег}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11,75 \cdot 500}{1000} = 18,5 \text{ об/хв.}$$

Перевірка міцності

Розрахунок крутного моменту $M_{\text{кр}}$

$$M_{\text{кр}} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p.$$

Поправочний коефіцієнт K_p представляє собою коефіцієнт сили різання, який враховує якість матеріалу:

$$K_p = K_{\text{мр}} = \left(\frac{v}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,898.$$

Значення коефіцієнтів для крутного моменту візьмемо з таблиці [5, табл.32]:

$$C_m = 0,09; q = 1,0; x = 0,9; y = 0,8$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 11,75^{1,0} \cdot 0,375^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,898 = 2,25 \text{ Нм.}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{2,25 \cdot 500}{9750} = 0,11 \text{ кВт, що менше ніж потужність верстата 4 кВт,}$$

тому режими різання приймаємо як коректні.

Розгортання

Розгортка Ø 12 мм; 2363-3394 h7 ГОСТ 1672-80; матеріал Р6М5.

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						41
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка виконується на верстаті моделі 2P118Ф2.

$t = 0,125$ мм; $s = 0,6$ мм/об. [5, табл.27]; $S_{\text{пасп}} = 0,45$ мм/об.; $T = 40$ хв. [5, табл.30].

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$C_v = 10,5$; $q = 0,3$; $x = 0,2$; $y = 0,65$; $m = 0,4$ [5, табл.29].

Коефіцієнт швидкості різання: $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$.

$K_v = 1,096 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,096$.

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{\text{розр}} = \left(\frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{10,5 \cdot 12^{0,3}}{40^{0,4} \cdot 0,125^{0,2} \cdot 0,45^{0,65}} \right) \cdot 1,096 = 14,1 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{\text{розр}} = \frac{V_{\text{розр}} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{14,1 \cdot 1000}{3,14 \cdot 12} = 374,2 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{\text{корег}} = 355$ об/хв.

Відкорегована швидкість різання

$$V_{\text{корег}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{корег}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 355}{1000} = 13,38 \text{ об/хв.}$$

Перевірку міцності не виконуємо так, як при розгортанні крутний момент значно менший, ніж при свердлінні.

Розрахунок режимів різання при обробці поверхні 400 мм [5].

Обдирочне обточування

Матеріал різця Т5К10. Різець токарний підрізний відігнутий, $H \times B = 16 \times 25$; ГОСТ 18880-73. Головний кут в плані - 60° ; передній кут - 0; кут нахилу головного ріжучого леза - 0; радіус при вершині різця - 1 мм.

Обробка виконується на верстаті моделі 16P25H.

$t = 2,0$ мм; $s = 0,8$ мм/об. [5, табл.11]; $S_{\text{пасп}} = 0,78$ мм/об.; $T = 60$ хв.

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$ [5, табл.17].

Коефіцієнт швидкості різання: $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{pv}$.

Розраховуємо коефіцієнт впливу якості матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{v} \right)^{nv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^1 = 1,096,$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						42
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_r = 0,95$; $n_v = 1$; [5, табл.9]; $v = 650$ МПа.

Коефіцієнт, який враховує якість поверхні, $K_{pv} = 0,8$.

Коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал: $K_{nv} = 0,65$

Тоді,

$$K_v = 1,096 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,570.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{розр} = \left(\frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,78^{0,45}} \right) \cdot 0,570 = 86,2 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{розр} = \frac{V_{розр} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{86,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 68,6 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{корег} = 63$ об/хв.

Відкорегована швидкість різання

$$V_{корег} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{корег}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 63}{1000} = 73,23 \text{ об/хв.}$$

Перевірка міцності

Розрахунок сили різання P_z .

Поправочний коефіцієнт K_p представляє собою множення ряду коефіцієнтів, які з'ясовують фактичні умови різання.

Коефіцієнт сили різання, який враховує якість матеріалу

$K_{фр} = 0,94$; прикуті рівному 60° ;

$K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,93$ [5, табл.23].

Загальний поправочний коефіцієнт при розрахунку сили різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,898 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,8638.$$

Значення коефіцієнтів для сили різання візьмемо з таблиці [5, табл.22]:

$C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

Тангенційна сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{пасп}^y \cdot V_{корег} \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 73,23^{-0,15} \cdot 0,8638 = 2300 \text{ Н.}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{P_z \cdot v_{\text{корект}}}{1020 \cdot 60} = \frac{2300 \cdot 73,23}{1020 \cdot 60} = 2,75 \text{ кВт, що менше ніж потужність верстата,}$$

тому режими різання приймаємо як коректні.

Чорнове обточування

Матеріал різця Т15К6. Різець токарний підрізний відігнутий з ПТС, Н х В = 16х25; ГОСТ 18880-73. Головний кут в плані - 60°; передній кут – 0; кут нахилу головного ріжучого леза – 0; радіус при вершині різця - 1 мм.

Обробка виконується на верстаті моделі 16К20Ф3.

$$t = 1,0 \text{ мм}; s = 0,8 \text{ мм/об. [5, табл.11]; } S_{\text{пасп}} = 0,78 \text{ мм/об.}; T = 60 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$$C_v = 340; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2 \text{ [5, табл.17].}$$

$$\text{Коефіцієнт швидкості різання: } K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} = 1,096 \cdot 1 \cdot 1 = 1,096.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{\text{розр}} = \left(\frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{340}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,78^{0,45}} \right) \cdot 1,096 = 183,7 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{\text{розр}} = \frac{V_{\text{розр}} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{183,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 146,25 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{\text{корект}} = 125 \text{ об/хв.}$

Відкоригована швидкість різання

$$V_{\text{корект}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{корект}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 125}{1000} = 157 \text{ об/хв.}$$

Перевірка міцності

Розрахунок сили різання P_z .

Поправочний коефіцієнт K_p представляє собою множення ряду коефіцієнтів, які з'ясовують фактичні умови різання.

Загальний поправочний коефіцієнт при розрахунку сили різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp} = 0,898 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,8638.$$

Значення коефіцієнтів для сили різання візьмемо з таблиці [5, табл.22]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15.$$

Тангенційна сила різання:

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{\text{пасп}}^y \cdot V_{\text{корег}} \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,0^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 157^{-0,15} \cdot 0,8638 = 1010 \text{ Н.}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v_{\text{корег}}}{1020 \cdot 60} = \frac{1010 \cdot 157}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт, що менше ніж потужність верстата, тому}$$

режими різання приймаємо як коректні.

Чистове обточування

Матеріал різця Т15К6. Різець токарний підрізний відігнутий з ПТС, Н х В = 16х25; ГОСТ 18880-73. Головний кут в плані - 60°; передній кут – 0; кут нахилу головного ріжучого леза – 0; радіус при вершині різця – 0,5 мм.

Обробка виконується на верстаті моделі 16К20Ф3.

$$t = 0,4 \text{ мм; } s = 0,246 \text{ мм/об. [5, табл.11]; } S_{\text{пасп}} = 0,23 \text{ мм/об.; } T = 60 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 \text{ [5, табл.17].}$$

$$\text{Коефіцієнт швидкості різання: } K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} = 1,096 \cdot 1 \cdot 1 = 1,096.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{\text{розр}} = \left(\frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,23^{0,2}} \right) \cdot 1,096 = 315,4 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n_{\text{розр}} = \frac{V_{\text{розр}} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{315,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 400} = 251,1 \text{ об/хв.}$$

Корегування частоти обертання шпинделю: $n_{\text{корег}} = 250 \text{ об/хв.}$

Відкоригована швидкість різання

$$V_{\text{корег}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{корег}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 125}{1000} = 157 \text{ об/хв.}$$

Перевірка міцності не виконуємо, так як при чистовій обробці сила різання значн менша ніж при чорновій.

2.9. Розрахунок норм часу

Технічне нормування на свердлильну операцію - діаметр отвору 12 мм

1. Визначаємо машинний час на свердлильну операцію крізного отвору:

Довжина отвору - $l = 8 \text{ мм;}$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час, необхідний для обробки групи отворів (машинний час):

$$T_m = \left(\frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i \right)_{\text{сверд}} + \left(\frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i \right)_{\text{зенк}} + \left(\frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i \right)_{\text{розг}}.$$

Свердління:

$l_1 + l_2 = 2 + 0,3d = 5$ мм – довжина урізування свердла, так як свердло комбіноване з зенківкою $l = 26$ мм;

$i = 3$ – число проходів (кількість операцій);

$S = 0,22$ мм/об; $n = 355$ об/хв.

Зенкування:

$l_1 + l_2 = 2 + 2 = 4$ мм; $i = 3$; $S = 0,5$ мм/об; $n = 500$ об/хв.

Розгортання:

$l_1 + l_2 = 2 + 2 = 4$ мм; $i = 3$; $S = 0,45$ мм/об; $n = 355$ об/хв.

Тоді,

$$T_m = \left(\frac{26}{0,22 \cdot 355} \cdot 8 \right)_{\text{сверд}} + \left(\frac{4}{0,5 \cdot 500} \cdot 8 \right)_{\text{зенк}} + \left(\frac{4}{0,45 \cdot 355} \cdot 8 \right)_{\text{розг}} = 3,64 \text{ хв.}$$

2. Знаходимо допоміжний час за формулою [6, с.15]

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{вим}},$$

де $T_{\text{уст}} = 1,4$ хв. – час, пов'язаний з установкою і зняттям деталі;

$T_{\text{пер}} = 0,36$ хв. – час, пов'язаний з переходом;

$T_{\text{вим}} = 0,25$ хв. – час, пов'язаний з контрольним вимірюванням трьох отворів.

Тоді

$$T_{\text{доп}} = 1,4 + 0,36 + 0,25 = 2,01 \text{ хв.}$$

3. Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби дорівнює 3 % від оперативного часу. Час на відпочинок, особисті потреби складає 6 % від оперативного часу.

4. Визначаємо оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_m + T_{\text{доп}} = 3,64 + 2,01 = 5,65 \text{ хв.}$$

5. Знаходимо штучний час

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot (1 + (a_{\text{абс}} + a_{\text{отл}})/100) = 5,65 \cdot (1 + (3 + 6)/100) = 6,15 \text{ хв.}$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						46
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок машинного часу на обробку поверхні діаметром 400 мм

Обдирочне точіння:

Довжина обробки: $L = 10$ мм; $t = 2,0$ мм; $S = 0,78$ мм/об; $i = 1$; $n = 63$ об/хв.

Машинний час:

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{10 \cdot 1}{0,78 \cdot 63} = 0,21 \text{ хв.}$$

Чорнове точіння:

$L = 10$ мм; $t = 1,0$ мм; $S = 0,78$ мм/об; $i = 1$; $n = 125$ об/хв.

Машинний час:

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{10 \cdot 1}{0,78 \cdot 125} = 0,1 \text{ хв.}$$

Чистове точіння:

$L = 10$ мм; $t = 0,4$ мм; $S = 0,23$ мм/об; $i = 1$; $n = 250$ об/хв.

Машинний час:

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{10 \cdot 1}{0,23 \cdot 250} = 0,18 \text{ хв.}$$

					4261.07.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						47
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок свердла-зенківки

Свердло-зенківка призначено для виконання отвору з наступним зняттям фаски. При цьому використання комбінованого інструменту дозволяє скоротити основний та допоміжний час за рахунок зменшення витрат на зміну інструменту, підведення та відвід інструменту.

Діаметр свердла 11 мм, приймаємо за ГОСТ 19257-73.

Розрахунок свердла-зенкера виконуємо за методикою [9, с.187].

1. Режими різання: $t = 5,5$ мм $S_{пасп} = 0,22$ мм/об.; $T = 45$ хв. [5, табл.30]; $n = 3556$ об/хв., $V_{корет} = 12,26$ м/хв.

2.Розрахунок крутного моменту: $M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$.

$C = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; $K_p = K_{mp} = 0,898$.

$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^{2,0} \cdot 0,22^{0,8} \cdot 0,898 = 11,2$ Нм.

3.Розрахунок осьової сили:

$P_x = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$.

Значення коефіцієнтів для осьової сили візьмемо з таблиці [5, табл.32]:

$C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$; $K_p = K_{mp} = 0,898$.

$P_x = 10 \cdot 68 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,22^{0,7} \cdot 0,898 = 2327$ Н.

4.Визначення номера конуса Морзе хвостовика:

$$d_{cp} = \frac{6M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

де $\mu = 0,096$ - коефіцієнт тертя сталі по сталі; кут θ для більшості конусів Морзе рівний $1^\circ 30' = 0,02618$; $\Delta \theta = 5'$ - відхилення кута конуса.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 11,2 \cdot 0,02618}{0,096 \cdot 2327 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 0,0098 \text{ м} = 9,8 \text{ мм}.$$

За ГОСТ 25557-82 обираємо найближчий більший конус, тобто конус Морзе № 1 з лапкою, із наступними основними конструктивними розмірами: $D_1 = 12,2$ мм; $d_2 = 9$ мм; $l_4 = 65,5$ мм; $e = 13,5$ мм; конусність $1:20,047 = 0,04988$. Решту розмірів хвостовика вказуємо на кресленні інструмента із [9, табл.62].

5.Визначаємо геометричні і конструктивні параметри робочої частини свердла. За нормативами [9] знаходимо форму заточки Н (нормальна). Кут

					4261.07.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						49
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ$; кут при вершині $\phi = 118^\circ$; задній кут $\alpha = 12^\circ$; кут нахилу поперекової кромки $\psi = 50^\circ$. Крок гвинтової канавки знаходимо за формулою:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{3,14 \cdot 11}{\operatorname{tg} 30} = 59,8 \text{ мм.}$$

6. Товщину серцевини свердла вибирають в залежності від діаметра свердла: $d_c = 0,15D = 0,15 \cdot 11 = 1,65$ мм. Потовщення серцевини в напрямку хвостовика 1,4-1,8 мм на 100 мм довжини робочої частини. Приймаємо потовщення рівним 1,4 мм.

7. Зворотна конусність свердла на 100 мм довжини робочої частини повинна становити 0,04-0,10 мм. Приймаємо зворотню конусність 0,05 мм.

8. Ширину стрічки f_0 і висоту затилка по спинці К обираємо за таблицею [9, табл.63]. $f_0 = 1$ мм; $K = 0,6$ мм.

9. Ширина пера $B = 0,58D = 0,58 \cdot 11 = 6,38$ мм.

10. Діаметр зенківки приймаємо рівним 25 мм, головний кут в плані $\phi = 90^\circ$. Матеріал ріжучої частини приймаємо Р6М5ФЗ, для підвищення стійкості в умовах багатосерійного виробництва. Матеріал хвостової частини - сталь 40Х.

3.2. Розрахунок пристосування на фрезерувальну операцію

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні лиски на поверхні діаметром 160 мм

Інструмент – фреза торцева із вставними зубцями Т15К6, Ø120 мм, число зубців – 8.

Подача на зуб $S_{\text{зуб}} = 0,15$ мм/зуб; $t = 3$ мм.

Стійкість фрези $T = 180$ хв.

Ширина фрезерування $B = 16$ мм.

Коефіцієнти у формулі швидкості різання:

$C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$.

Розрахуємо коефіцієнт впливу якості матеріалу:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{v} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{650} \right)^1 = 1,15,$$

					4261.07.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						50
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $n_v = 1$; [5, табл.9]; $v = 650$ МПа.

Коефіцієнт, який враховує якість поверхні, $K_{pv} = 1,0$.

Коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал: $K_{pv} = 1,0$

Тоді, коефіцієнт швидкості різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} = 1156 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,15.$$

Розраховуємо швидкість різання

$$V_{розр} = \left(\frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot Z^y} \right) \cdot K_v = \left(\frac{332 \cdot 120^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,15^{0,2} \cdot 16^{0,2} \cdot 8^{0,4}} \right) \cdot 1,15 =$$

115,24 мм/хв.

Частота обертання шпинделя

$$n_{розр} = \frac{V_{розр} \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{115,24 \cdot 1000}{3,14 \cdot 120} = 305,8 \text{ об/хв.}$$

Коригування частоти обертання шпинделю: $n_{корег} = 250$ об/хв.

Хвилинна подача $S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n = 0,15 \cdot 8 \cdot 250 = 300$ мм/хв.

Розрахунок сили різання P_z .

Поправочний коефіцієнт K_p представляє собою множення ряду коефіцієнтів, які з'ясовують фактичні умови різання.

Коефіцієнт сили різання, який враховує якість матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{v}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,898.$$

Значення коефіцієнтів для сили різання:

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; g = 1,3; w = 0,2.$$

Тангенційна сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{пасп}^y \cdot V_{корег} \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 73,23^{-0,15} \cdot 0,8638 = 2300 \text{ Н.}$$

$$P_z = \left(\frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot Z^y}{D^g \cdot n^w} \right) \cdot K_{MP} = \left(\frac{10 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 16^{1,1} \cdot 8}{120^{1,3} \cdot 250^{0,2}} \right) \cdot 0,898 = 3960 \text{ Н.}$$

Тиск на штоку пневмоциліндра $p = 0,4$ МПа; $k = 3$ для даного пристосування.

Необхідну силу затискування знайдемо з рівняння:

$$M_{кр} \cdot k = M_{тр}; M_{кр} \cdot k \cdot Qf(d/\sin\alpha/2); P_z \cdot (d/2) \cdot k = Qf(d/\sin\alpha/2);$$

$$Q = (P_z \cdot k \cdot \sin\alpha/2)/2f = (3960 \cdot 3 \cdot \sin 60)/2 \cdot 0,3 = 17000 \text{ Н;}$$

					4261.07.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						51
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = (\pi D^2/4) \cdot \rho \cdot (L_2/L_1);$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q \cdot L_1}{\pi \cdot \rho \cdot L_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17000 \cdot 35}{3,14 \cdot 400000 \cdot 73}} = 0,16 \text{ м} = 160 \text{ мм}.$$

При використанні діаметра поршня рівним 160 мм отримаємо потрібне зусилля затискання.

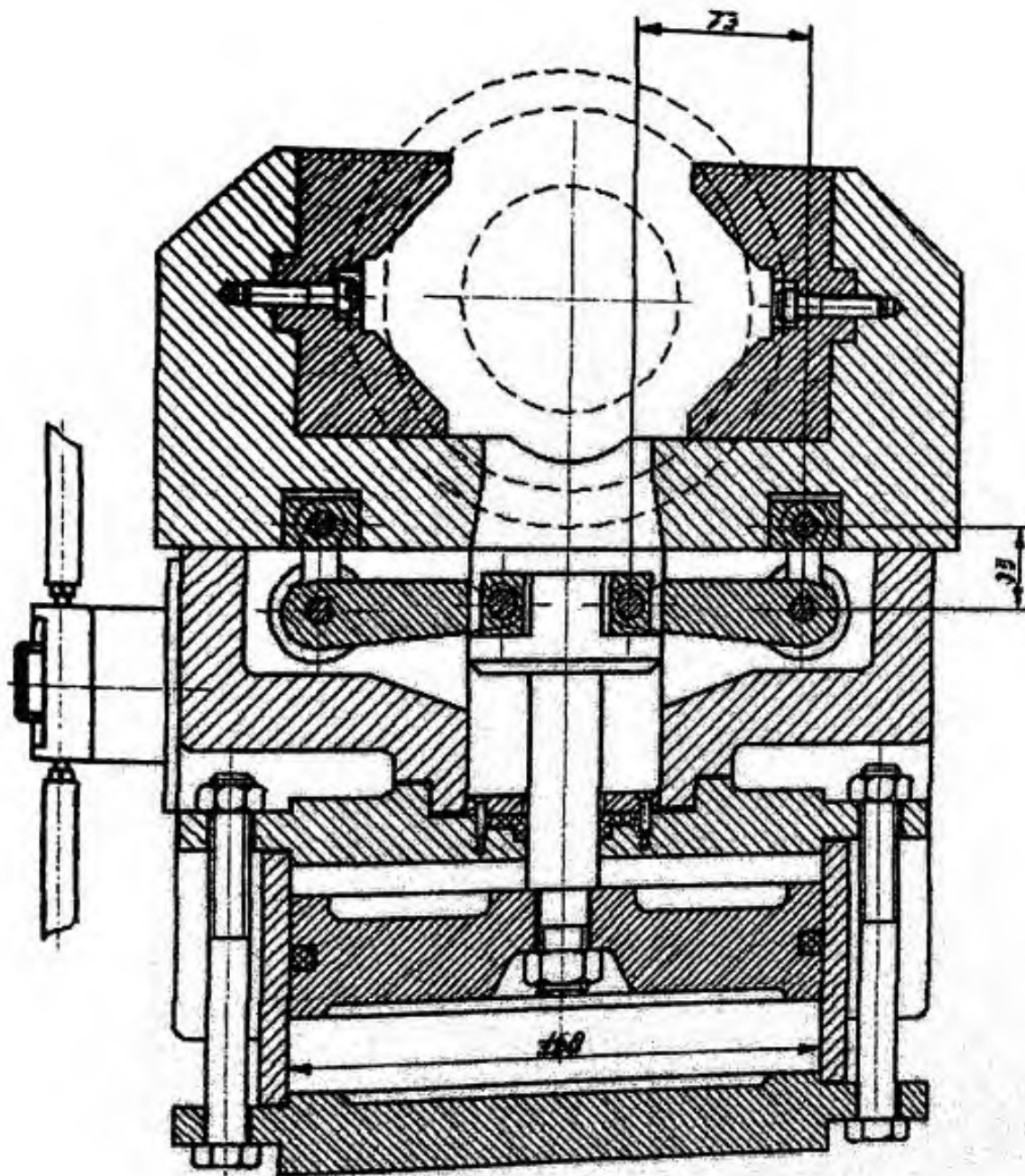


Рис.3.1. Схема пристосування

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4261.07.КРБ.04.03.ПЗ

Арк.

52

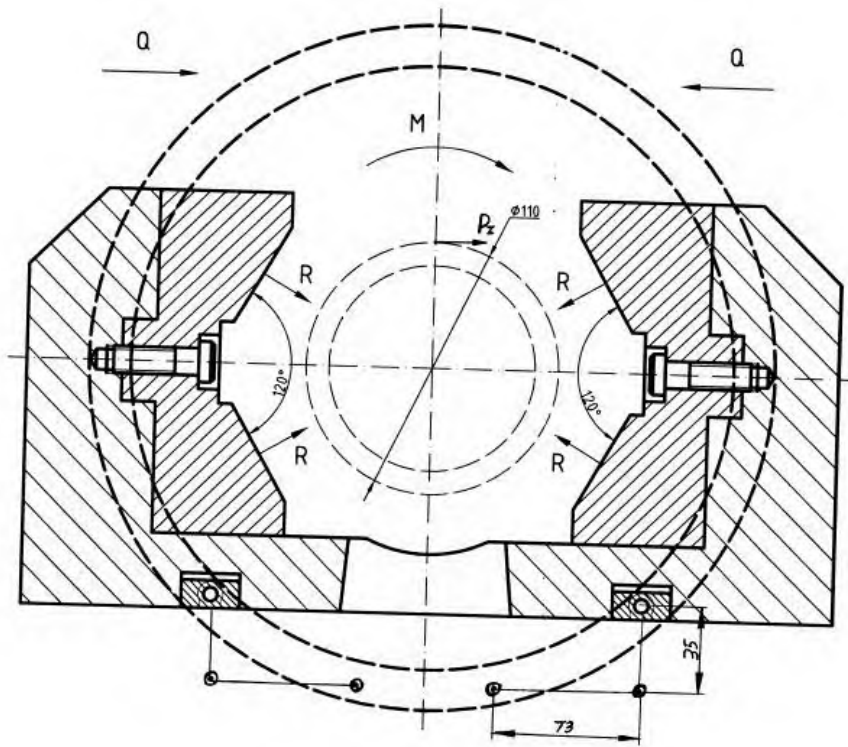


Рис.3.2. Схема сил, які діють в пристосуванні

Принцип дії пристосування

Деталь встановлюється поміж двох призм з кутами 120° (для більш швидкого встановлення), поршень пневмоциліндра піднятий вгору. При переміщенні поршня до низу, шток діє на важільний механізм, що приводить в рух повзуни, на яких і закріплено дві призми. Повзуни зближуються і забезпечують потрібне зусилля для закріплення деталі призмами. Так як розташування лиски, яка виконується на даній операції, не зв'язане з іншими елементами деталі, тому при закріпленні не потрібні додаткові пристосування для правильного базування деталі.

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4261.07.КРБ.04.03.ПЗ

Арк.

53

4.ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1.Вступ

Заходи щодо охорони праці можна поділити на технічні, організаційні, а також міри індивідуального захисту працюючих. Першорядне значення мають технічні міри (технічна безпека), які включають конструювання машин та проектування виробничих процесів, безпечних та нешкідливих для життя та здоров'я працюючих: розробку захисних засобів, ізолювання небезпечних зон. Сюди можна віднести також вентиляцію, опалення та освітлення виробничих приміщень та робочих місць, міри з електробезпеки працюючих, їхнього захисту від електромагнітних полів та іонізуючих випромінювань.

Важливе значення мають також організаційні міри: навчання виробничого персоналу безпечним методам та прийомам роботи, вибір правильного режиму праці та відпочинку для людей різноманітних професій, профілактика професійних захворювань.

Засоби індивідуального захисту є міра, до котрої працівники повинні прибігати, для підвищення безпеки при виконанні певної роботи. З розвитком науково-технічного прогресу підвищується кількість агрегатних верстатів, автоматів, автоматичних ліній, верстатів та ліній з програмним керуванням. Все це позитивно впливає на продуктивність та покращення умов праці при обробці металів різанням. Разом з цим впливає ряд проблем. У зв'язку із зростанням швидкості різання верстатів, попереджування травмувань, обертаючими частинами верстатів, оброблюваної деталі, ріжучим інструментом та відлітаючої стружки, обезпилювання, потребує серйозної уваги, особливо при роботі на універсальних та спеціальних верстатах.

4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

На дільниці по виготовленню стойки редуктора для механічної обробки використовуються наступні верстати:

- токарні;
- фрезерувальні;

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						55
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- свердлильні;

- шліфувальні.

Небезпечні та шкідливі фактори, які характерні для ділянки:

- *фізичні*

1. Рухомі частини машин та устаткування, ріжучий інструмент (можуть бути травми при випадковому доторкуванні, захваті одягу).

2. Оброблювана деталь, яка при не досить надійному закріпленні її в оснащенні або при підвищених режимах різання може вирватися з закріплюючих пристроїв.

3. Важка заготівка, яка встановлюється на верстат з допоміжним пристроєм.

4. Висока температура оброблюваної поверхні та інструменту.

5. Високі напруги в електромережі та статична електрична напруга, може вразити людину електричним струмом.

6. Металева стружка, яка має високу температуру та швидкість.

7. Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, наявність аерозолів ЗОР.

8. Високий рівень шуму та вібрації.

- *хімічні*

1. наявність в повітрі робочої зони продуктів термоокиснення та речовин розпаду, які присутні в ЗОР.

2. Наявність парів та аерозолів ЗОР.

- *психофізіологічні*: фізичні та емоційні перевантаження, розумова перевтома, монотонність праці.

Розглянемо перераховані фактори більш докладно.

Для уникнення нещасних випадків при контакті з рухомими частинами машин та механізмів, необхідно пофарбувати останні у жовто-чорний колір та при змозі відокремити небезпечні зони.

Найбільш розповсюджені у механічних цехах травми очей, які займають при токарній обробці 50 % від загального числа травм, при фрезеруванні – 10%,

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						56
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при шліфуванні – 8 %. Очі пошкоджуються відлітаючою стружкою, сталевими частками оброблюваного матеріалу, осколками інструменту та частинами абразивів.

Для захисту робочих від травм, відлітаючої стружки верстати мають загороджувальні щитки. Заходи індивідуального захисту – захисні окуляри типу Б – відкриті, захищені, з безкольоровим склом за ГОСТ 12.4.003-80.

При чистому точінні, шліфуванні, зубошліфуванні утворюється малопомітний дисперсний пил (2-60 мкм), причому при шліфуванні частини розміром до 10 мкм складають 50-60 % від загального числа пилових часток. Пил таких розмірів найбільш небезпечний, так як потрапляючи у легені він добре змащується та затримується. Має неправильну геометричну форму та гострі кути, частини роздратовують слизову оболонку дихальних шляхів, що може призвести до запалення.

Запиленість повітряного середовища повинна відповідати ГОСТ 12.1.005-86. Найбільш ефективний засіб прибирання продуктів роботи абразивного круга та абразивного металевго пилу – видалення їх безпосередньо від ріжучого інструменту за допомогою місцевої витяжної вентиляції.

Для забезпечення чистоти повітря та нормальних параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні окрім місцевої вентиляції передбачається притоко-вентиляційна система загальнообмінної природної вентиляції. Природна вентиляція здійснюється крізь спеціальні вентиляційні отвори, які розташовані у стінах приміщення цеху на висоті 1,5 м для подачі повітря у літній період та на висоті 4 м – для потрапляння повітря у зимовий період.

За ГОСТ 12.1.05-88 «Повітря робочої зони» в цеху на дільниці температура повітря у зимовий час повинна бути 15-18 °С, у літній час – 20 ± 5 °С. Швидкість руху повітря взимку повинна бути не більше 0,5 м/с, влітку - не більше 0,7 м/с. Система опалення цеху складається з нагріваючих приладів (радіаторів), теплоносій – вода або пара під тиском 4-5 атм.

Високий рівень шуму та вібрації є шкідливим фактором, так як веде до порушення фізіологічних функцій організму, центральної нервової системи,

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						57
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поява головних болів, запаморочень, зниження працездатності та уваги людини, в технічних випадках до розвитку віброхвороби та глухоти. Доступний рівень шуму визначається за ГОСТ 12.1.003-83. Допустимі параметри вібрації визначаються за ГОСТ 12.1.012-78 «Система стандартів безпечної праці, загальні вимоги безпеки».

Джерелом вібрації на дільниці є вузли верстатів: шліцові з'єднання, кулачкові муфти та ін.

Загальні шляхи зниження вібрацій:

1. Застосування малошумних та точних передач.
2. Установка амортизаційних прокладок.

На дільниці використовується напруга 220 В та 380 В. Для запобігання ураженню людей електричним струмом застосовується захисне заземлення обладнання за ГОСТ 12.1.030-81 та за «Правилами пристосування електроустановок» ПУЕ-86.

Для створення сприятливих умов здорової праці, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітлюваність, що відповідає характеру зонової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно чинити засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються.

Нормативний документ, який регламентує штучне освітлення – ДБН В.2.5-28:2006.

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						58
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В технологічному процесі на дільниці використовується:
при шліфуванні – 5 % розчин напівсинтетичної ЗОР Аквол 11 ТУ 38 40146-77;
при точінні (чистовому) – 5 % емульсія Укрінол 1М ГОСТ 6243-76.

Аерозолі нафтових мастил, які входять до складу ЗОР можуть роздратовувати слизові оболонки дихальних шляхів, понижувати імунобіологічну реактивність. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 встановлює гранично-припустиму концентрацію 5 % емульсії – 10 мг/м³. Для забезпечення нормальної концентрації аерозолів, мастил та парів ЗОР також застосовують систему місцевої вентиляції та загальнообмінної природної вентиляції.

Для гасіння пожеж на дільниці передбачені наступні засоби пожежогасіння:

1. Вогнегасник ОХП10 для гасіння твердих та рідких горючих матеріалів.
 2. Вогнегасники ОУ-2; ОУ-6 для гасіння пожеж у закритих приміщеннях.
- Засоби пожежогасіння підбираються за ГОСТ 12.4.009-83.

Виробничі процеси та експлуатація обладнання мають здійснюватися відповідно до правил виробничої безпеки, в яких закладені передумови усунення небезпеки.

Організаційні заходи з виробничої безпеки включають:

- інструктаж та навчання працюючих безпечним і нешкідливим методам та прийомам праці;
- навчання умінню користуватись захисними засобами;
- розробку та впровадження регламентів праці та відпочинку при виконанні тяжких робіт у шкідливих умовах.

Виконання організаційних заходів гарантує умови безпеки праці, тобто такий стан умов праці, за яких вплив на працівника небезпечних і шкідливих виробничих факторів неможливий, або не перевищує допустимих рівнів.

4.3. Методи зменшення небезпек, пов'язаних зі стружкою

При обробці деталей типу «стійка редуктора» в механічних цехах формуються різні види стружки:

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						59
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стружка злому, елементи котрої з'єднані між собою;
- зливна стружка, яка не має помітних слідів площини зсуву.

Найбільшу небезпеку являє собою зливна стружка, яка при обробці може накручуватися на деталь, інструмент, рукоятки керування, чіплятися за одяг та призвести до травми робітника. Також при точінні сталей з подачами $>0,25$ мм/об., новими прохідними різцями може утворюватися стружка міцна та пружна, практично пряма. Стружка такої форми являє собою небезпеку не тільки для працівника, який обслуговує верстат, але і для робітників, які зайняті на сусідніх верстатах. Стружка дуже незручна для прибирання, зберігання, для повторної утилізації.

Ефективними методами боротьби зі зливною стружкою є такі, як стружко-дрібнення та стружко-завертання.

Засоби стружко-дрібнення та стружко-завертання:

- лункою, заточеною на передній грані різця;
- уступами, заточеними на передній грані різця;
- стружко ламами, заточеними на передній грані різця;
- застосування екранів;
- вібраційне різання;
- попереднє нарізання канавок на глибину 70 % припуску.

Недоліками перших двох методів є те, що заточка лунок та уступів призведе до послаблення ріжучої частини інструмента. Перші чотири методи не завжди забезпечують надійне стружко подрібнення. Також параметри заточки необхідно підбирати експериментально згідно даних умов обробки.

Однак, ці методи не потребують збільшення машинного часу та змінюють якість оброблюваної поверхні. Метод вібраційного дрібнення дає надійне стружкоподрібнення незалежно від матеріалу та режимів різання. Однак, його використання потребує додаткових пристроїв, створює перемінне навантаження, іноді знижує чистоту поверхні.

Попереднє нарізання канавок потребує додаткової операції, що призведе до збільшення часу на обробку деталі та відповідно її вартості.

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						60
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На дільниці доцільним є використання стружколамів або спеціально заточеного ріжучого інструменту.

4.4.Охорона навколишнього середовища

Механічні забруднення

У результаті механічної обробки відбувається викид пилу різного хімічного та геометричного складу. Вміст пилу в повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГДК за ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Особливо шкідливий дрібнодисперсний пил, виникаючий при шліфуванні. Пил, який є у процесі абразивної обробки, на 30-40 % складається з матеріалу деталі. Для зменшення концентрації пилу в повітрі застосовують місцевий забір повітря з зони різання та його очищення, забезпечування очищування повітря перед виходом в атмосферу за допомогою циклонів.

Хімічні забруднення

Використання на дільниці змащувально-охолоджувальної рідини веде до хімічного забруднення оточуючого середовища аерозолями мастил, випарень ЗОР, а також відпрацьованими ЗОР при скиданні їх в каналізацію.

На дільниці використовують наступні ЗОР:

- при точінні (чистовому) – Укріол 1М ГОСТ 6243-76;
- при шліфуванні – Аквол-11 ТУ 38 40146-77.

Відпрацьована ЗОР збирається у спеціальні ємності. Водну та мастильну фази можна вторинно використовувати для виготовлення емульсій. Мастильна фаза емульсій може зріджуватися. Водяна фаза очищується до припустимого вмісту нафтопродуктів та скидається у каналізацію. Концентрація нафтопродуктів у стічних водах при скиданні їх у каналізацію регламентується вимогами ДБН В.2.5-75:2013 та «Правилами охорони вод від забруднень стічними водами».

Шумове забруднення

Рівень шумового забруднення від механічних цехів перевищує рівень шумів великої кількості інших галузей промисловості. Джерелом шуму є

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						61
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементи приводів (електродвигун, зубчасті передачі, підшипники), особливо зношені, а також сам процес різання і вібрації механічної системи. рівень шуму знаходиться в межах 85-100 дБ. Спектр шуму – середньо- та низькочастотний, рівень шуму - 85-100 дБ.

Найбільш високий рівень шуму при роботі крупних токарних і шліфувальних верстатів. Допоміжні джерела шуму - різні пневматичні інструменти (88-118 дБ). Вентиляційна система є джерелом аеродинамічних шумів.

Для зменшення шумового забруднення необхідно проводити своєчасний огляд та ремонт обладнання, використовувати балансування обертаючих елементів машин, звукоізоляцію вентиляційних систем.

Висновки

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Удосконалення технології виготовлення стойки редуктора (Ø400 мм; L = 292 мм)» розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД та ЄСКД.

В кваліфікаційній роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення.

В кваліфікаційній роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: свердло-зенківка, пристосування для фрезерування лиски на поверхні діаметром Ø 160 мм.

Наведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які впливають на виробничий персонал дільниці, розглянуті методи зменшення небезпек, пов'язаних зі стружкою на дільниці. Розроблено аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі на довкілля та розглянуті питання захисту від механічних, шумових та хімічних забруднень.

					4261.07.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						62
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навч. пос. / С.М.Соловійов, М.М.Івахненко, О.П.Шумілов, В.О.Бобошко, О.О.Козленко. – Під заг.ред.проф.С.М.Соловійова. – Миколаїв: НУК, 2006. – 172 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
3. 2.Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
4. 3.Довідник технолога-машинобудівника . В 2-х т./Під заг.ред. А.Г.Косілової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., перероб. І доп. – Київ, Техніка, 1990.
5. Зенкін А.С. Допуски і посадки в машинобудуванні. – Київ, Техніка, 1990.
6. Івченко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці /Л.І.Івченко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «СМІТ», 2006. – 320 с.
7. Обробка металів різанням. Довідник технолога /Н.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм та ін. - Під заг.ред.А.Н.Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.
8. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник для машинобудівних спеціальностей вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.
9. Яковенко І.Е., Пермьков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
						63
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		