

Тернопіль, 2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Володимир КРУПА
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Іщуку Богдану Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання приводу куліси довбального верстата з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Півмуфта»

Керівник роботи Крупа Володимир Васильович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення та базовий технологічний процес виготовлення деталі «Півмуфта, паспортні дані базової моделі верстата, необхідні частоти обертання куліси для конструювання куліси $n=280; 380; 540; 1120$ об/хв

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ: аналіз базового верстата, граничних режимів, характеристика деталі .
2. Технологічний розділ: аналіз матеріалу, типу виробництва, вибір заготовки, розробка маршрутної і операційної технології 3. Конструкторський розділ: кінематичний розрахунок .силовий розрахунок компонентів приводу, конструювання елементів приводу. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1 Кінематична схема верстата – 1 ф. А1; 2. Привід куліси: складальне креслення – 1 ф. А1;

3. Креслення деталі, заготовки, карти наладок – 1ф. А1; 4. Деталювання – 1 ф. А1.

Плакатні листи- 3ф

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Богдан ІЩУК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир КРУПА

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Іщук Богдан Валерійович. Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Конструювання приводу куліси довбального верстата з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Півмуфта».

У роботі проведено аналіз базової моделі верстата та верстатів аналогічного призначення. Розраховано режими різання, на основі яких зроблено кінематичний розрахунок приводу куліси довбального верстата. Проведено аналіз креслення деталі та визначено поверхні, що вимагають особливих умов обробки. Вибрали тип виробництва. Обґрунтували найдоцільніший метод отримання заготовки. Розроблено маршрут технологічного процесу та карту операційних технологій. Вибрано верстано-інструментальну оснастку. Розраховували компоненти приводу та змодельовали окремі його компоненти.

SUMMARY

Ishchuk Bohdan. Bachelor's qualification work on the topic: «Design of the shaper machine link drive with development of the technological process for manufacturing the “Half-Coupling” part».

The work analyzes the basic model of the machine tool and machines of similar purpose. The cutting modes are calculated, on the basis of which the kinematic calculation of the drive of the slotting machine is made. The drawing of the part is analyzed and the surfaces that require special processing conditions are determined. The type of production is selected. The most appropriate method of obtaining the workpiece is substantiated. The technological process route and the operational technology map are developed. The machine tool and tooling are selected. The drive components are calculated and its individual components are modeled.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1. Загальна характеристика довальних верстатів.....	8
1.1.1. Призначення та область застосування верстатів.....	8
1.1.2. Технологічні можливості верстату прототипу.....	10
1.2. Приводи вузли та механізми верстату.....	12
1.2.1. Принцип роботи довб'яка.....	12
1.2.2. Принцип роботи коробки швидкостей.....	14
1.3. Аналіз верстатів аналогічного призначення та головного руху.....	16
1.4. Розрахунок режимів різання.....	17
1.5. Загальна характеристика деталі «Півмфута».....	21
1.6. Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження.....	22
2. ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	24
2.1. Аналіз технічних умов на оброблювану деталь.....	24
2.2. Характеристика матеріалу деталі.....	26
2.3. Вибір типу виробництва.....	27
2.4. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки.....	28
2.5. Розрахунок розмірів заготовки для штамповки на ГМК.....	29
2.6. Розрахунок розмірів заготовки для сортового прокату.....	34
2.7. Собівартість заготовок отриманих за допомогою штампування на ГМК та сортового прокату.....	36
2.8. Коефіцієнт використання матеріалу.....	38
2.9. Розробка маршрутного технологічного процесу.....	39
2.10. Розробка операційної технології.....	40

					КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Іщук Б.В.					
Перевір.		Крцпа В.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.			ТНТУ, ФМТ, МВ-41		
					Літ.	Арк.	Аркушів

2.11. Вибір різального , допоміжного та контрольно–вимірювального інструменту.....	41
2.12. Висновки по розділу.....	42
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	43
3.1. Кінематичний розрахунок.....	43
3.1.1. Вибір структури приводу.....	43
3.1.2. Вибір двигуна.....	44
3.1.3. Розрахунок передатного відношення.....	45
3.2. Розрахунок компонентів приводу.....	47
3.2.1. Розрахунок пасової передачі.....	47
3.2.2. Розрахунок зубчастої передачі.....	49
3.2.3. Розрахунок валу.....	53
3.2.4. Розрахунок фрикційної муфти.....	53
3.2.5. Розрахунок шпоночного з'єднання.....	54
3.2.6. Розрахунок штифтового з'єднання.....	55
3.3. Конструювання приводу та його елементів.....	55
3.3.1. Опис конструкції.....	55
3.3.2. Конструювання елементів приводу.....	56
3.3.2.1. Конструювання вала.....	56
3.3.2.2. Конструювання веденого шківа.....	58
3.3.2.3. Конструювання зубчастого колеса.....	59
3.3.2.4. Конструювання корпусу.....	60
3.4. Висновки по розділу.....	61
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	62
4.1. Гарантія прав працівників на охорону праці.....	62
4.2. Дія електричного струму на організм людини, види електротравм....	63
4.3. Хімічні й біологічні фактори небезпек.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	67

1. ВСТУП

Для обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь використовують довбальні верстати. Здебільшого це шпоночні пази, шліци та інші поверхні, які еконічно та технічно доцільніше продовбати, чим точити чи фрезерувати. Завдяки цьому довбальні верстати широко використовуються при виготовленні зубчастих коліс, шліцьових з'єднань, маточин, втулок та інших вузлів у машинобудуванні.

Головний рух відбувається за рахунок зворотно-поступального руху довб'яка з періодичною подачою. Забезпечується головний рух різними механізмами, але найбільшу популярність здобув саме привід куліси, який славиться своєю надійністю та простотою в обслуговуванні. У дані роботі виконано рохрахунок головних складових приводу куліси, що складається із довбальної головки, куліси, та її приводу. Проведено розрахунок граничних режимів різання при довбанні, на основі яких розраховано всі елементи конструкції верстата.

При проектуванні деталі типу півмуфта, необхідно продовбати шпоночний паз. Для цього використаємо добальний верстат.

Мета роботи: провести аналіз роботи, розробити конструкцію приводу куліси та провести аналіз її роботи із застосуванням можливостей сучасних систем автоматизованого проектування.

Основні завдання:

1. Проаналізувати базовий та розробити проєктний технологічний процес виготовлення деталі “Півмуфта”.

					<i>КРБ 21-032.01.00.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Іщук Б.В.</i>			<i>ТНТУ, ФМТ, МВ-41</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Крцпа В.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Крцпа В.В.</i>					

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальна характеристика довбальних верстатів

1.1.1. Призначення та область застосування верстатів

Для обробки отворів різноманітної форми, шпонкових пазів, вирізів, канавок, довбання з поворотом до 10° та зовнішніх плоских або фасонних вертикальних поверхонь, використовують довбальні верстати. Верстати цієї групи мають низьку продуктивність роботи, однак універсальні та прості за будовою. Ідеальні у випадку, коли неможливо або затратно отримати оброблену поверхню іншими методами обробки: точінням або фрезеруванням. Застосовують в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

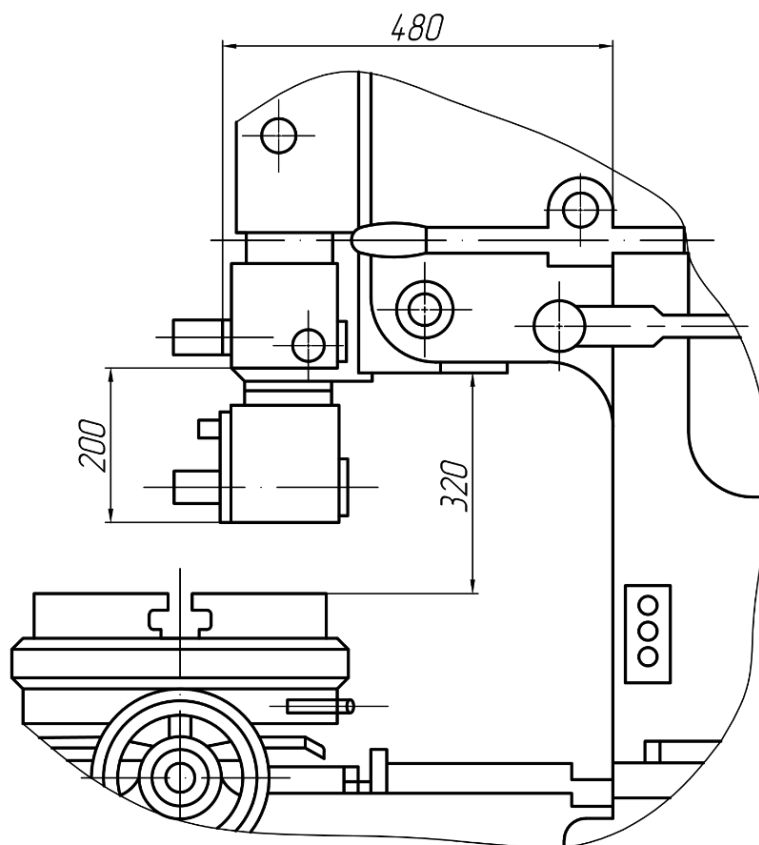


Рисунок 1.1 – Схема габаритних розмірів робочого столу довбального верстату

					КРБ 21-032.03.00.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналітичний розділ		
Розроб.		Лещук Б.В.					
Перевір.		Крица В.В.					
Реценз.		Кадейник В.Р.					
Н. Контр.		Крица В.В.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ТНТУ, ФМТ, МВ-41		

Головний параметр довбальних верстатів є найбільший хід повзуна та діаметр стола. Діапазон ходу повзуна 100-1600мм.; діаметр стола 240-1600мм. Довбальні верстати з ходом повзуна 100, 200 і 320мм. оснащуються механічним приводом;

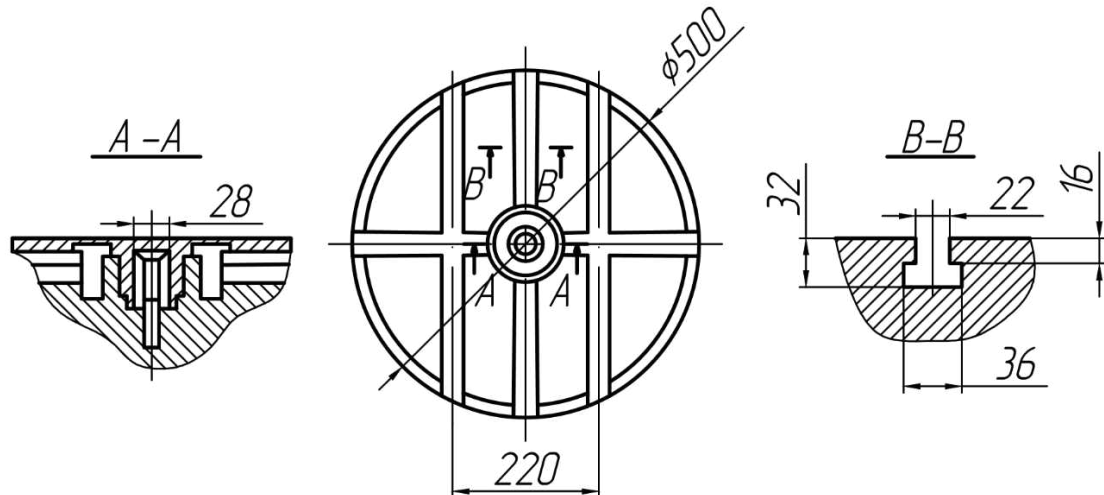


Рисунок 1.2 – Розміри робочого столу верстату

з ходом 320-500мм. – гідравлічним приводом; а верстати з ходом 1000-1400мм. – приводом від електродвигуна постійного струму з безступінчастим регулюванням швидкості. Дистанційне управління верстатом можливе з ходом повзума 320мм. та відбувається через підвісну стійку. При застосуванні відповідної технічної оснастки довбальні верстати використовують для обробки фасонних поверхонь з використанням копіювального пристрою і плоского шаблону. Стіл верстата здатен переміщатися в повздовжньому, поперечному напрямках, а також обертатися.

1.1.2. Технічні можливості верстату прототипу

Верстат моделі 7А412 використовується для зовнішнього та внутрішнього довбання плоских та фасонних поверхонь. Можливість повороту рами з довб'яком, дозволяє обробляти похилі площини без зміни позиції деталі. позиції деталі. Кругова подача столу дає можливість обробляти на верстаті круглі деталі.

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

За допомогою ділильного пристосування можна проводити довбання зубчастих коліс, шліцевих отворів та валів з висотою довбання 100мм. Шорсткість обробленої поверхні менше Ra6,3мкм.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд верстату

Верстат є однією з моделей довбальних верстатів. Він характеризується високою продуктивністю, зручністю управління і обслуговування, надійністю і безпекою в роботі. В автоматичну лінію верстат не вбудовується.

Таблиця 1.1 Технічні характеристики верстату 7A412

Технічні характеристики	Параметри
Клас точності верстату	Н
Найменша довжина ходу довбака, мм	10
Найбільша довжина ходу довбака, мм	100
Відстань від зовнішньої площини різцетримача до стійки (виліт) не менше, мм	320
Відстань від площини стола до нижнього кінця направляючих довбака, мм	200

Діаметр робочої поверхні столу, мм	360
Найбільше переміщення столу в поздовжньому напрямку, мм	350
Найбільше переміщення столу в поперечному напрямку,мм	280
Найбільше переміщення столу в круговому напрямку,град	360
Найбільший кут нахилу довбаня, град	5
Найбільший кут повороту головки різцетримача, град	±90
Найбільша перестановка долб'яка,мм	150
Найбільший січення державки різця (висота ширина), мм	20x12
Кількість швидкостей	4
Числоподвійних ходів довбака за хвилину	52, 67, 101, 210

1.1.3. Розташування органів управління та груп на верстаті

Список органів управління верстату згідно з рис.1.4:

1. Маховик повороту столу.
2. Маховик поперечного переміщення столу.
3. Рукоятка включення черв'яка кругової подачі.
4. Гвинт затискача поворотного столу.
5. Гайка затискача різця.
6. Квадрат різцевої головки..
7. Рукоятка включення фрикціону.
8. Квадрат перестановки долб'яка.
9. Квадрат розлучення долб'яка.
- 10.Квадрат ручного повороту приводу.
- 11.Кнопка «Стоп».
- 12.Кнопка «Пуск».
- 13.Вмикач місцевого освітлення.

- 14.Рукоятка фіксації столу.
- 15.Гайка затискача рами довбака.
- 16.Рукоятка реверсування подач.
- 17.Лімб перемикавання подач.
- 18.Рукоятка барабанного перемикача швидкостей.
- 19.Барабан відключення механізму подач.
- 20.Маховик поздовжнього переміщення столу.

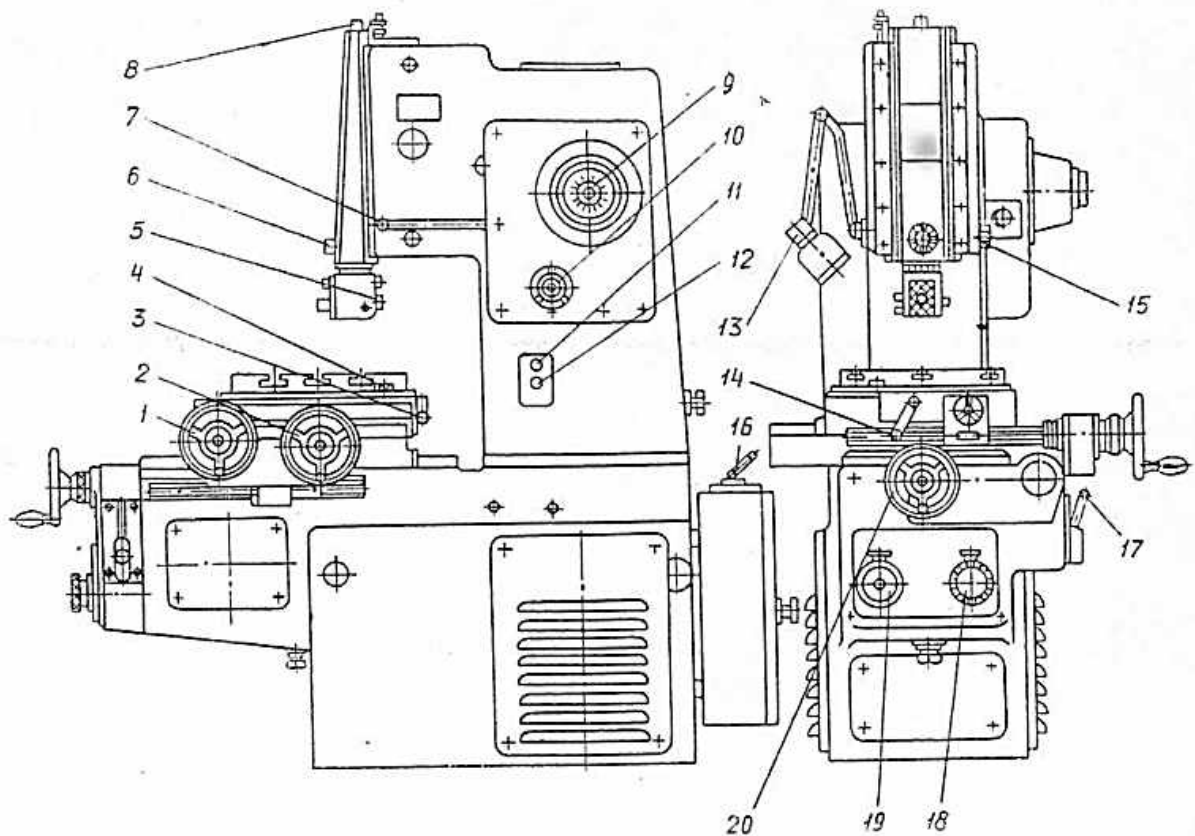


Рисунок 1.4 – Загальний вид верстата з позначенням органів управління

Перелік складових частин верстата згідно з рис.1.5:

1. Станина
2. Привід
3. Насосна група
4. Долб'як
5. Кулісний механізм
6. Коробка подач

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

7. Привід коробки подач
8. Стіл
9. Електроустаткування

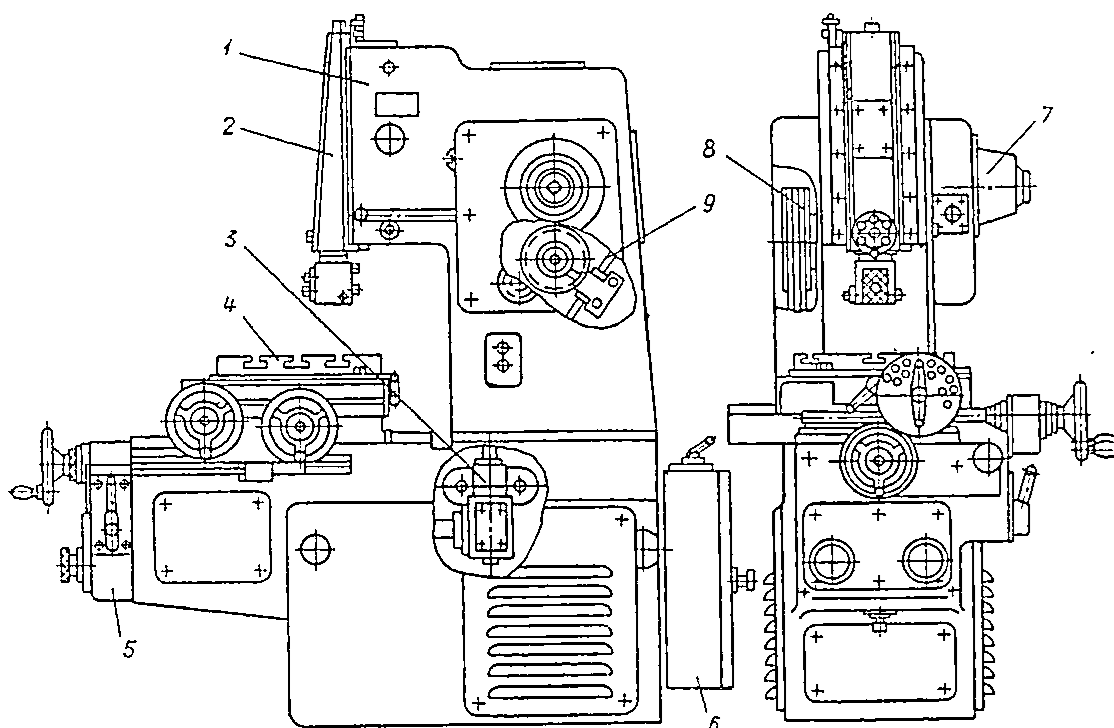


Рисунок 1.5 – Схема розташування груп на верстаті

1.2. Приводи, вузли та механізми верстату

1.2.1. Принцип роботи приводу куліси

Привід верстата призначений для передачі обертання від електродвигуна кулісної шестерні, для включення та вимикання головного та допоміжного руху верстата. Крутний момент передається від валу електродвигуна через клинопасову передачу і фрикційну муфту «4» валу «1», на якому сидить шестерня «5» приводу, що зчепляється з кулісною шестернею.

Включення фрикціону відбувається одночасно з гальмуванням приводного валу та кулісного механізму. Для повороту приводу вручну є валик з квадратним хвостовиком, який входить у зачеплення з валом «1». Корпус фрикціону «3», на якому нерухомо сидить ведений шків «2», спирається на два кулькових підшипники.

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Блокування гальмівної колодки «6» фрикційної муфти «4» здійснюється тягою «7». Регулюють муфту гайками «9». При роботі приводу масло потрапляє на робочі поверхні дисків тертя і гальма, завдяки чому ці поверхні працюють у сприятливих умовах: забезпечується плавність роботи, малий знос. На корпусі фрикціону «3» встановлена шестерня «8», що приводить в дію через іншу шестерню плунжерний насос.

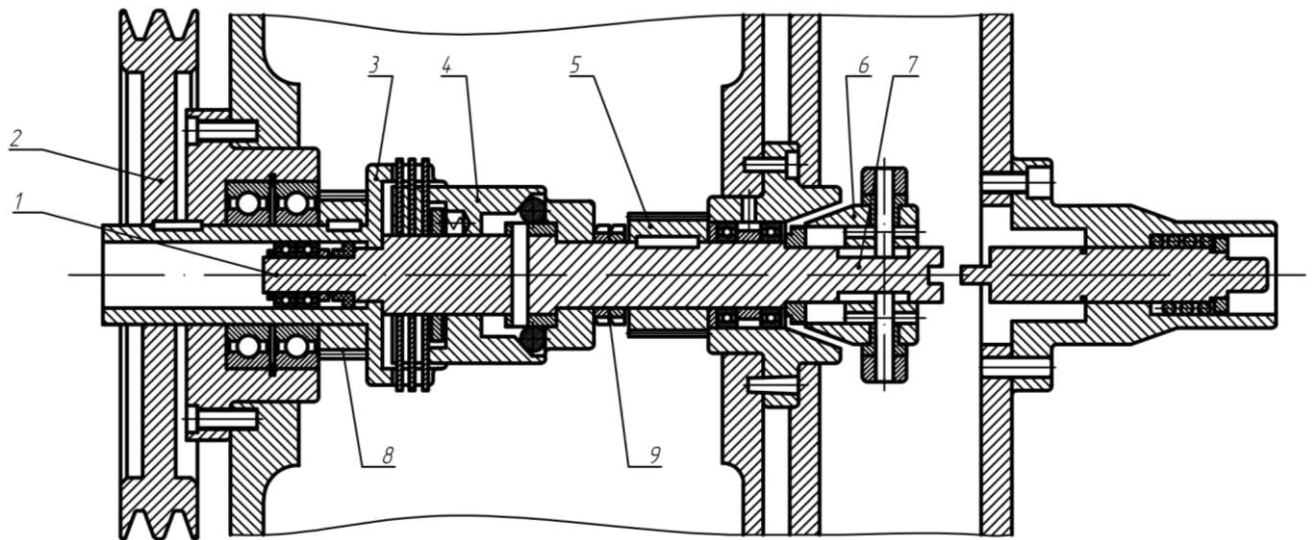


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення приводу куліси

1.2.2. Принцип роботи довб'яка

Довб'як надає різцю зворотно-поступальний рух. Корпус долб'яка «1» виконаний з алюмінієвого сплаву, що зменшує інерційні навантаження на механізм верстата під час роботи. До корпусу долб'яка нерухомо кріпиться направляюча сталевая плита «5», яка ходить у направляючих рами «6». Рух на долб'як передається від куліси через сержку «7», шарнірно з'єднану з вухом корпусу «3», через гайки «2», «4» і гвинт «13».

На нижній частині долб'яка встановлюється різцева головка «12», яка повертається на 90° в обидві сторони. Відлік градусів ведеться за позначенням на шийі довбака. Різцева головка закріплюється віссю «11», що затягується клином «10». Для перестановки довбака обертають гвинт «13».

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

На верстаті можна обробляти поверхні по похилих площинах до 5° шляхом установки рами довбака, для чого необхідно послабити упор «8» і обертати гайку «9» телескопічного гвинта. Відлік ведеться за шкалою на рамі. Після встановлення кута нахилу довбака упор «8» знову затягується. Масто від насоса подається у ванну, розташовану в рамі, що направляє довбака до пальця сережки.

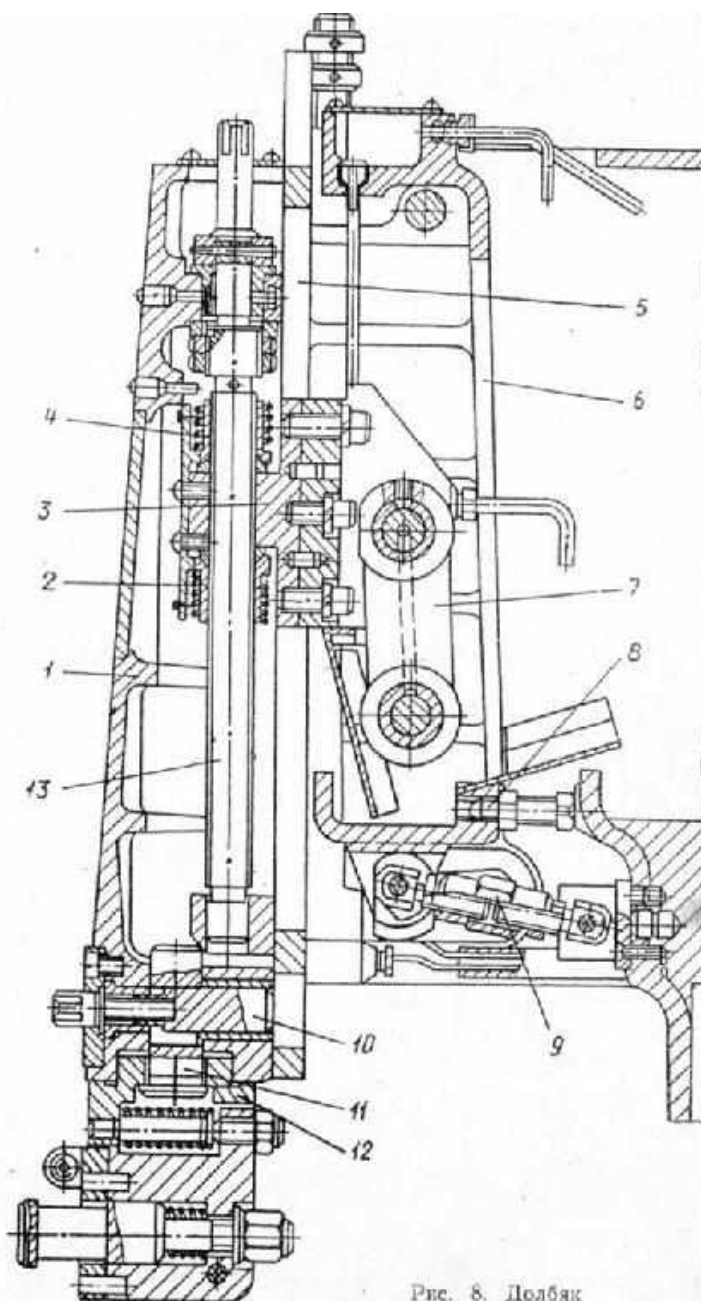


Рисунок 1.7 – Схематичне зображення довб'яка

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2.3. Принцип роботи коробки швидкостей

Коробка подач здійснює переривчасте рух подовжньої, поперечної і кругової подач столу. Валик «20» з набором ексцентричних кулачків «5», що дозволяють здійснити десять різних подач, через шарнірні муфти з'єднаний з приводом коробки подач і здійснює обертальний рух. Ролик важеля «3» в контакті з кулачками здійснює коливальні рухи, а отже, зубчастий сектор «2», що сидить нерухомо на іншому кінці валу «21», теж здійснює коливання, перебуваючи в зачепленні з шестернею «23». На шестірню «23» насаджений важіль «24», несучий на собі штифт, що дозволяє через храпове колесо «14» здійснювати переривчасту подачу. Далі через реверсивний механізм (зубчасті колеса «18», «15», «16» і «17») рух передається на шестерню «9» і через запобіжну муфту «8» на вал «13». З цього валу через шестерні «12» і «10» рух передається на вал «11», з якого передається рух на поперечне та кругове переміщення столу.

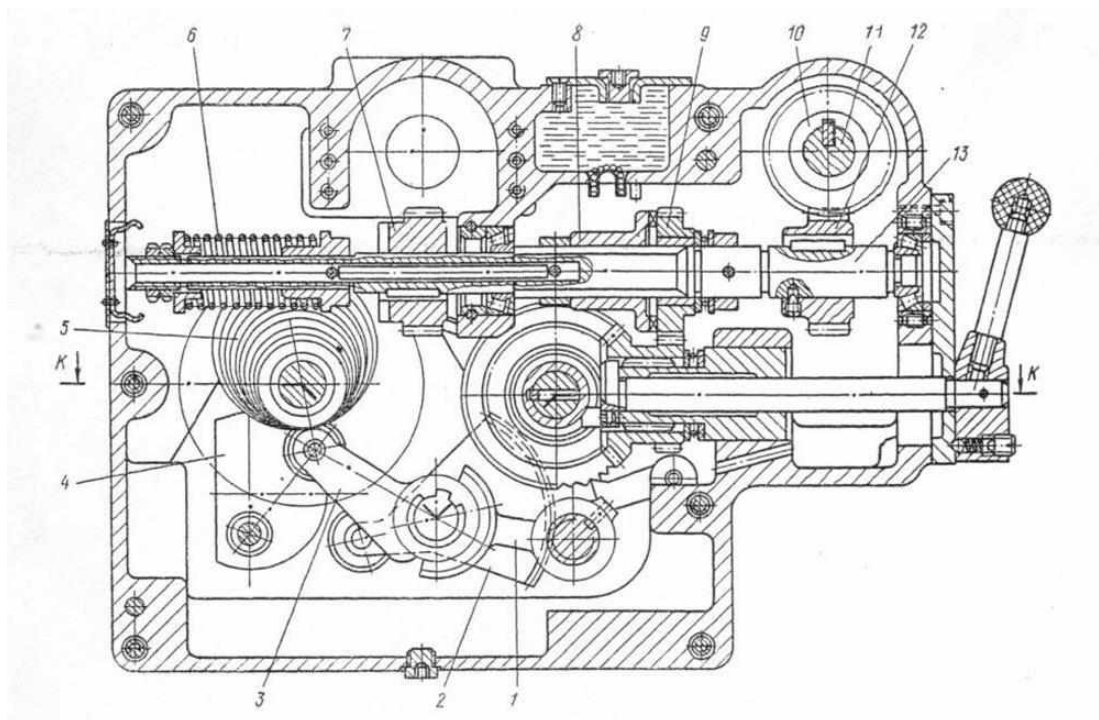


Рисунок 1.7 – Схематичне зображення коробки швидкостей

Через шестірню «7» столу повідомляється поздовжнє переміщення. Важель «3» пересувають уздовж осі валу «21» за допомогою важеля «1». ковзного по валу.

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

На цьому ж валу встановлено лiмб перемикання передач. Величина подачi встановлюється по нонiусу лiмба «18». Для того, щоб перемкнути подачу, потрiбно спершу повернути барабан «19», який з'єднаний з ексцентриком «4». Обертаючи лiмб, встановити необхідну подачу. Пiсля цього ексцентрик «4» повернути в робоче положення.

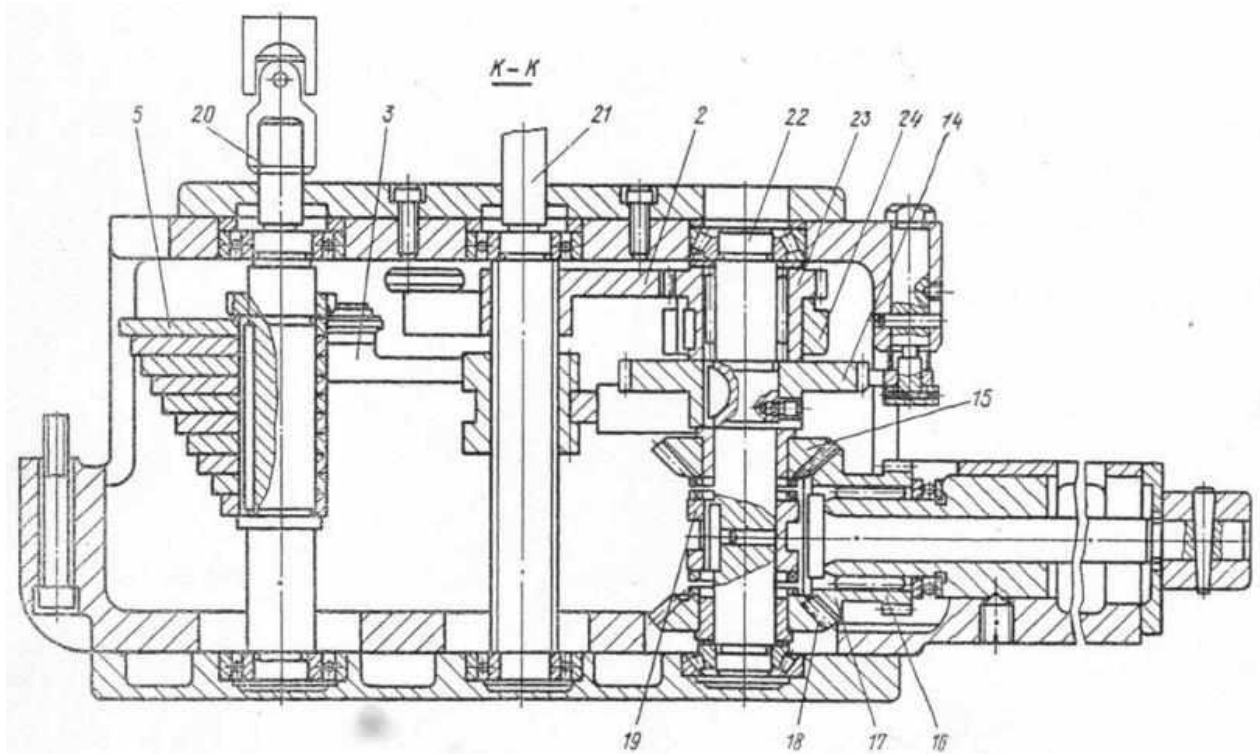


Рисунок 1.8 – Схематичне зображення сiчення коробки швидкостей

Реверсування здiйснюється включенням кулачкової муфти «19» на валу «22» з шестернями «18» i «15». Для запобiгання поломок при перевантаженнях в коробцi є запобiжна муфта «8», яка вiджимає пружину «6» i виходить з кулачкового зачеплення з шестернею «9». У цих випадках необхідно, виключаючи верстат, зняти навантаження, потiм знову продовжувати роботу.

1.3. Аналiз верстатiв аналогiчного призначення та iхнiх приводiв головного руху

У довбальних верстаiв, головний рух – це прямолiйний зворотньо-поступальний рух рiзця, який вiдбувається за допомогою рiжочної кромкою рiзця.

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		13

У більшості випадків, деталь закріплена на столі вертату, який не бере участі в головному русі.

Для забезпечення головного руху на довбальних верстат існують різні способи приводів, які обирають в залежності від габаритів, точності виготовлення деталей та енергетичних параметрів верстату.

Таблиця 1.2 Основні типи приводів довбальних верстатів

№	Тип приводу	Переваги та особливості	Приклад верстатів
1	Кулісний механізм	Проста будова, надійність.	7A420; 7A412
2	Кривошипно-шатунний механізм	Рідко використовується у довбальних верстатах, переважно використовувався у старих моделях початку XX століття	Pratt & Whitney Shapers, G. A. Gray Shapers
3	Гідравлічний привід	Плавна безступінчаста зміна швидкості. Широко застосовується у великогабаритних довбяхах.	Lorenz LS 200; Lorenz S5
4	Електромеханічний привід	Постійна швидкість руху, висока точність позиціонування, можливість програмного керування	EMAG VLC 200; Lorenz LS 200 CNC
5	Кулачковий привід	Використовується у вузько спеціалізованих автоматичних лініях	Tornos Deco

1.4. Розрахунок граничних режимів різання при довбанні

1.4.1. Інструменти для довбальних робіт

Для довбальних робіт використовують різці. Це різальний інструмент, який використовується на довбальних верстатах для обробки отворів, пазів, шпонкових пазів, зубчастих коліс та інших деталей. Він працює методом переривчастого різання під час зворотно-поступального руху інструмента. Принцип дії полягає в тому, що різець рухається вертикально (вгору-вниз), а заготовка при цьому або залишається нерухомою, або здійснює поступове переміщення. Обробка здійснюється під час руху різця вниз, коли він зрізає шар матеріалу, утворюючи стружку.

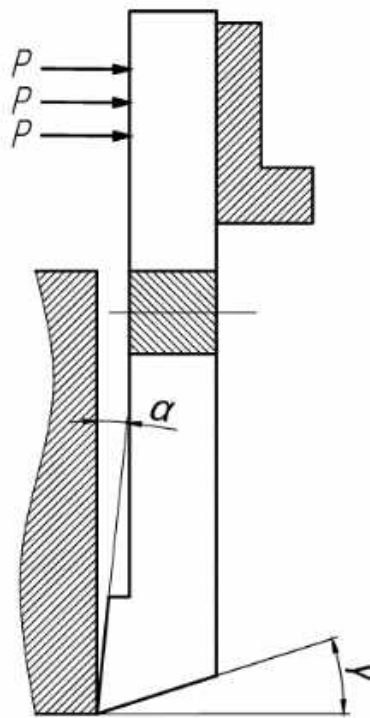


Рисунок 1.9 – Схема обробки поверхні довбальним різцем

На рис.1.9 зображено процес обробки внутрішньої поверхні отвору довбальним різцем, де: «Р» - це сила різання, яка діє на різець у процесі роботи. Вона направлена вздовж осі різця, і виникає в результаті взаємодії ріжучої кромки з оброблюваним матеріалом. Вимірюється в ньютонах.

« α » – це кут задньої поверхні різця, або задній кут. Він потрібен для зменшення тертя між задньою поверхнею різця і обробленою поверхнею деталі. Кут α забезпечує відведення різця від уже обробленої поверхні, тим самим покращуючи якість обробки та зменшуючи зношування інструменту.

« γ » – це кут передньої поверхні різця, або кут різання. Він визначає геометрію ріжучої кромки і впливає на силу різання, утворення стружки та загальну ефективність обробки.

Величина переднього кута залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, але в будь-якому випадку величина його має бути позитивною. Задній кут, як і у токарного різця, забезпечує вільне переміщення задньої його поверхні щодо поверхні різання; величина його $4 \dots 6^\circ$.

1.4.2. Розрахунок режимів різання

Проектування обладнання виконуємо з урахування того, що на даному верстаті будуть оброблятися деталі з різних матеріалів: сталі, чавуни та кольорові метали. При довбанні можна отримати шорсткість деталі $Ra_{2,5 \dots 1,25 \mu m}$, тобто чистову поверхню. В якості оброблюваних матеріалів приймаємо: Ст.40, СЧ20, Д1. Матеріал державки – сталь 40Х; матеріал пластин: Т15К6, ВК6 та Р18 відповідно до матеріалів заготовки. Розрахунок режимів різання зробимо з урахуванням різних параметрів глибини різання – t та подачі – s .

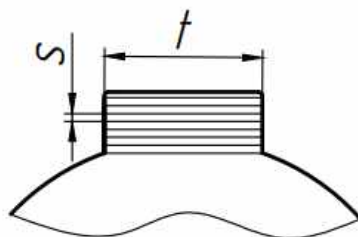


Рисунок 1.10 – Шпоночний паз

Геометрія пластин у всіх випадках однакова, з параметрами: головний кут в плані $\phi=60^\circ$; передній кут $\gamma=-15^\circ$; кут нахилу головного леза $\lambda=5^\circ$

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Швидкість різання v , м/хв розраховуємо за емпіричною формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v \cdot K_{yv} \quad (1.1)$$

де C_v – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

T – стійкість різця;

K_v – приведений коефіцієнт, який враховує конкретні умови обробки;

K_{yv} – поправочний коефіцієнт, який враховує ударну нагрузку;

m – показник ступені при стійкості,

x, y – показники ступені при глибині різання подачі

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{nv} \quad (1.2)$$

де K_{Mv} – враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу;

K_{Uv} – враховує вплив властивостей інструментального матеріалу;

K_{nv} – враховує стан поверхні заготовки.

Силу різання P , при зовнішньому поздовжньому та поперечному точінні, розточуванні, відрізанні, прорізанні пазів та фасонному точінні, розраховують за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (1.3)$$

де C_p постійна та показники степеня x, y, n для конкретних (розрахункових) умов обробки кожної зі складових сили різання.

K_p – поправочний коефіцієнт являє собою добуток ряду коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.4)$$

Для вибору двигуна на верстат, необхідно поррахувати режими різання при різних умовах обробки.

Найважливіши з них – це глибина різання « t », подача « s » та матеріал оброблюваної поверхні. Параметри глибин різання є рекомендованими для обробки на даному верстаті. Мінімальна глибина різання $t=3\text{мм.}$;максимальна $t=12\text{мм.}$

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для кожних з глибин різання оберемо максимальну та мінімально рекомендовану подачу «s». Для розрахунку режимів різання для «Сталь 40» (за формулами 1.1-1.4), скористаємось програмним забезпеченням «Mathcad 15». Спершу присвоємо значення змінних «s», «t» та коефіцієнтів режимів різання, як на рис.1.11.

```

ORIGIN := 1
~~~~~
Розрахунок режимів різання для Сталь 40. Верстат 7A412.

s1 := 0.3   t1 := 3   s3 := 0.4   t2 := 12
s2 := 1.2   t1 := 3   s4 := 0.8   t2 := 12

T := 40   σB := 570
~~~~~
Матеріал пластини: T15K6 (з твердосплавного сплаву). Коефіцієнти:

Cv1 := 420   x1 := 0.15   y1 := 0.2   m1 := 0.2
Cv2 := 340   x2 := 0.15   y2 := 0.45   m2 := 0.2
Cv3 := 420   x3 := 0.15   y3 := 0.35   m3 := 0.2
Cv4 := 340   x4 := 0.15   y4 := 0.45   m4 := 0.2

```

Рисунок 1.11 – Присвоєння параметрів режимів різання

Щоб знайти швидкість різання, необхідно визначити приведений коефіцієнт « K_v » за формолою 1.2. Поправочний коефіцієнт, який враховує ударну навантаження беремо стандартний.

```

Приведений коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки:

KT := 1   nv := 1

Kmv := KT · (750 / σB)nv   Kuv := 1   Knv := 0.8

Kv := Kmv · Kuv · Knv   Kv = 1.053

Коефіцієнт, який враховує ударну навантаження для довбального верстату:   Kyv := 0.6

```

Рисунок 1.12 – Визначення коефіцієнта « K_v »

Можемо визначити швидкість різання за формулою 1.1.

Швидкість різання:

$$v_1 := \left[\frac{C_{v1}}{T^{m_1} \cdot (t_1)^{x_1} \cdot (s_1)^{y_1}} \right] \cdot K_v \cdot K_{yv} \quad v_1 = 136.859$$

$$v_2 := \left[\frac{C_{v2}}{T^{m_2} \cdot (t_1)^{x_2} \cdot (s_2)^{y_2}} \right] \cdot K_v \cdot K_{yv} \quad v_2 = 80.222$$

$$v_3 := \left[\frac{C_{v3}}{T^{m_3} \cdot (t_2)^{x_3} \cdot (s_3)^{y_3}} \right] \cdot K_v \cdot K_{yv} \quad v_3 = 120.411$$

$$v_4 := \left[\frac{C_{v4}}{T^{m_4} \cdot (t_2)^{x_4} \cdot (s_4)^{y_4}} \right] \cdot K_v \cdot K_{yv} \quad v_4 = 78.204$$

Рисунок 1.13 – Визначення швидкості різання

Для визначення сили різання, необхідно ввести значення коефіцієнтів для конкретних умов обробки та розрахувати поправочний коефіцієнт.

Коефіцієнти для визначення сили різання.
Головний кут в плані $\varphi = 60^\circ$
Передній кут $\gamma = -15^\circ$
Кут нахилу головного леза $\lambda = 5^\circ$

$$C_{p1} := 300 \quad x_{11} := 1 \quad y_{11} := 0.75 \quad n_{11} := -0.15$$

$$C_{p2} := 300 \quad x_{22} := 1 \quad y_{22} := 0.75 \quad n_{22} := -0.15$$

$$C_{p3} := 300 \quad x_{33} := 1 \quad y_{33} := 0.75 \quad n_{33} := -0.15$$

$$C_{p4} := 300 \quad x_{44} := 1 \quad y_{44} := 0.75 \quad n_{44} := -0.15$$

$$n := 0.75$$

$$K_{mp} := \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad K_{\varphi p} := 0.94 \quad K_{\gamma p} := 1.25 \quad K_{\lambda p} := 1$$

$$K_p := K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \quad K_p = 0.956$$

Рисунок 1.14 – Визначення поправочного коефіцієнту

Розрахуємо силу різання за формолою 1.3.

Силу різання визначають за формолою:

$$P_{z1} := 10 \cdot C_{p1} \cdot (t_1)^{x_{11}} \cdot (s_1)^{y_{11}} \cdot (v_1)^{n_{11}} \cdot K_p \quad P_{z1} = 1.668 \times 10^3$$

$$P_{z2} := 10 \cdot C_{p2} \cdot (t_1)^{x_{22}} \cdot (s_2)^{y_{22}} \cdot (v_2)^{n_{22}} \cdot K_p \quad P_{z2} = 5.112 \times 10^3$$

$$P_{z3} := 10 \cdot C_{p3} \cdot (t_2)^{x_{33}} \cdot (s_3)^{y_{33}} \cdot (v_3)^{n_{33}} \cdot K_p \quad P_{z3} = 8.441 \times 10^3$$

$$P_{z4} := 10 \cdot C_{p4} \cdot (t_2)^{x_{44}} \cdot (s_4)^{y_{44}} \cdot (v_4)^{n_{44}} \cdot K_p \quad P_{z4} = 1.515 \times 10^4$$

Рисунок 1.15 – Визначення сили різання

Аналогічно розробляємо програму в «Mathcad 15» для метеріалів «СЧ-20» та «Д1». Парметри геометрії пластини різця, беремо ідентичні. Результати розрахунків знесемо у табл.1.3.

Таблиця 1.3 Результати розрахунку режимів різання для різних умов обробки

Параметри режимів різання		Сталь 40		СЧ 20		Д1	
		v,м/хв	P _z ,Н	v,м/хв	P _z ,Н	v,м/хв	P _z ,Н
s=0,3мм/об.	t=3мм.	136,9	1668	64,03	1665	87,38	617
s=1,2мм/об.		80,22	5112	38,78	4260	46,71	1579
s=0,4мм/об.	t=12мм.	120,41	8441	47,55	7873	66,18	2918
s=0,8мм/об.		78,2	1515	37,59	1223	49,33	4534

1.5. Загальна харектеристика деталі «Півмуфта»

Деталь «Півмуфта» є складовою запобіжної муфти, котра призначина для передачі крутного моменту між валами.

У вузлі з'єднання, забезпечуючи надійність і плавність передачі навантаження при змінних умовах роботи. Вона є невід'ємною частиною привідного механізму та використовується для жорсткого з'єднання валів, запобігаючи їх самовільному роз'єднанню під час експлуатації. Півмуфта закріплюється на валу за допомогою шпонки та має відповідну форму і посадочні місця для надійного з'єднання із другою половиною муфти.

Деталь має центральні отвори. На одному кінці півмуфти розташований отвір $\varnothing 60H7$ і довжиною 80мм, який забезпечує посадку на вал. На протилежному кінці знаходиться другий центральний отвір $\varnothing 90H8$ і довжиною 20мм, призначений для з'єднання з другою половиною півмуфти, що дозволяє сформувати цілісну муфту при складанні. У центральному отворі $\varnothing 60H7$ по всій довжині, виконаний шпоночний паз, який забезпечує надійне з'єднання півмуфти з валом і передачу крутного моменту без люфту.

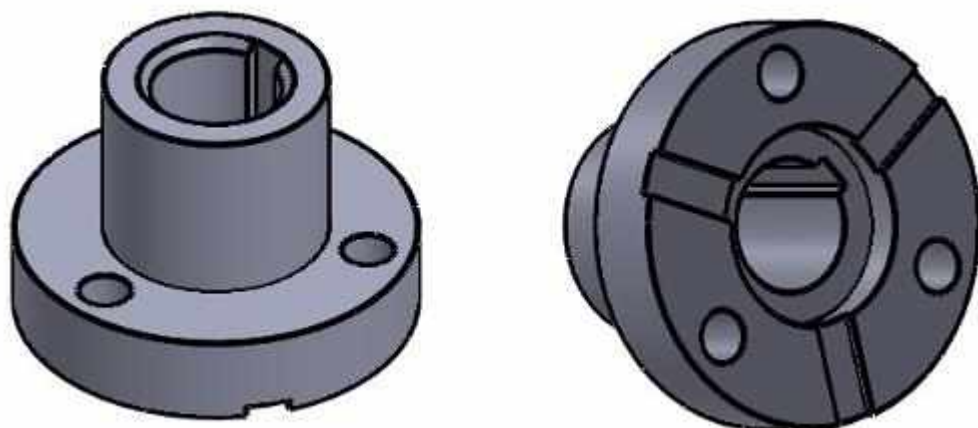


Рисунок 1.16 – 3D модель деталі «Півмуфта»

На фланцевій частині півмуфти передбачено три отвори $\varnothing 24H7$ для пальців для забезпечення додаткової жорсткості з'єднання між півмуфтами.

З сторони отвору $\varnothing 90H8$, на торці, розміщені три пази шириною 20мм. призначені для зменшення напружень і компенсації деформацій при з'єднанні з другою половиною муфти. Це допомагає запобігти пошкодженням деталі під час експлуатації і підвищує надійність з'єднання.

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.6. Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження

					КРБ 21-032.03.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз технічних умов на оброблювану деталь

Вивчаючи креслення деталі з точки зору якості поверхонь, можна виділити основні та допоміжні поверхні що обробляються механічно[13].

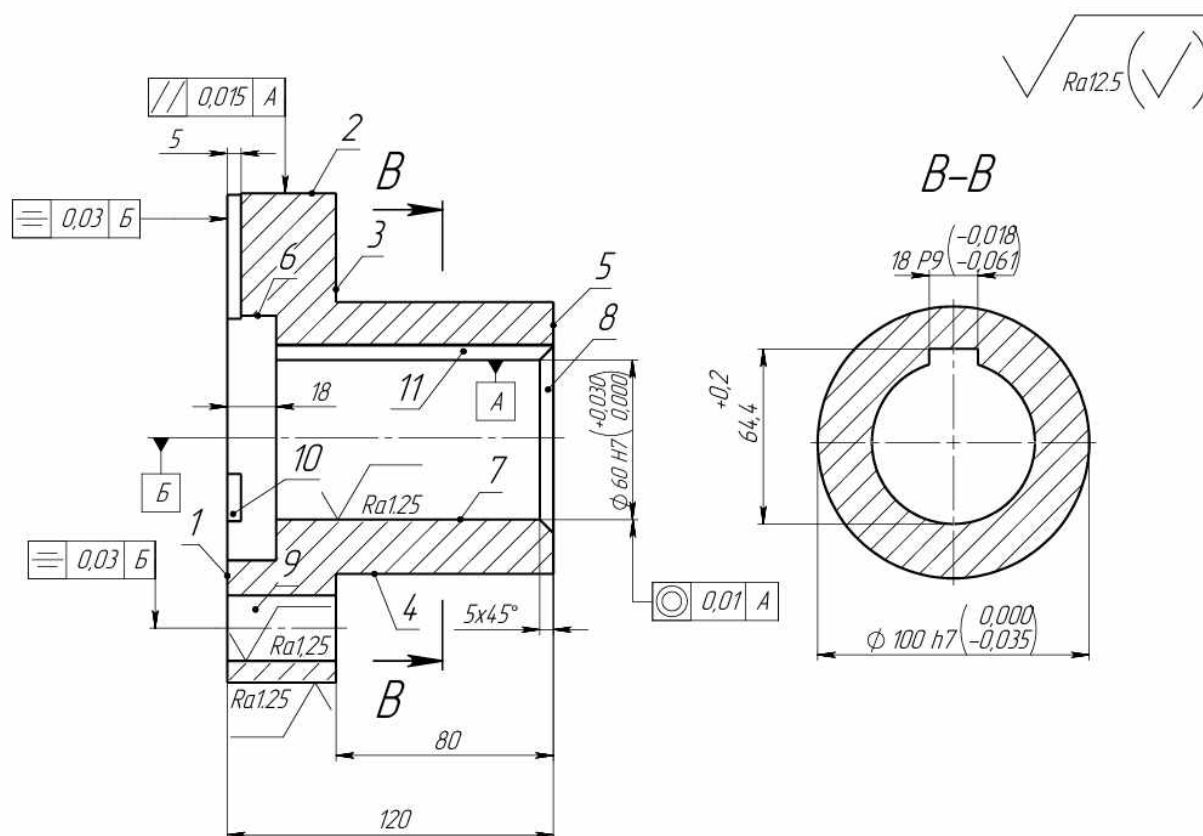


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Півмуфта»

До основних поверхонь можна віднести:

1. Отвір $\varnothing 60H7$, $Ra1,25\text{мкм.}$, із допуском співвісності $0,01\text{мм.}$, під посадку на вал, відносно бази «А».
2. Вал $\varnothing 180h7$, $Ra1,25\text{мкм.}$, із допуском паралельності $0,015\text{мм.}$, відносно бази «А».

					КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний розділ ТНТУ, ФМТ, МВ-41		
Розроб.	Іщук Б.В.						
Перевір.	Крцпа В.В.						
Реценз.							
Н. Кантр.	Кодельник В.Р.						
Затверд.	Крцпа В.В.						

3. Три отвори Ø24H7, Ra0,32мкм., із допуском симетричності 0,03мм., під пальці, відносно бази «Б».
4. Три пази шириною 20 мм., Ra1,25 мкм., із допуском симетричності 0,03мм., для з'єднання з другою половиною півмуфти.

Допоміжними поверхнями можна вважати:

1. Вал Ø100h7, Ra12,5 мкм., для забезпечення надійності конструкції.
2. Отвір Ø90H8, Ra12,5 мкм., довжиною 18 мм., для кріплення другої половини півмуфти.

На основі аналізу конструктивних особливостей виконується ескіз заданої деталі з нумерацією позицій.

Аналіз технічних вимог всіх розмірів поверхонь деталі, способи їх виготовлення і контролю зводимо в табл.2.1.

Таблиця 2.1. Аналіз технічних вимог

Позначення поверхонь	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1...5	1)Торець Ø180h14 (Ra12,5); 2)Ø180h7 (Ra1,25); 3)Торець Ø180h14 (Ra12,5); 4)Ø100h7 (Ra12,5); 5)Торець Ø100h14 (Ra12,5);	Точіння	МК гладкий мікрометр: МК125 ТС (100-125мм.); МК200 (175-200мм.)
6..8	6)Ø90H8 (Ra12,5); 7)Ø60H7(Ra1,25); 8)5x45°(Ra1,25)	Точіння розточне	Нутромір індикаторний: НІ (50-100 мм.) Фаскомір (0-10 мм.)
9	9) Три отвори Ø24H7 (Ra1,25)	Свердління Розвертування	Нутрометр цифровий: НЦ (18-35 мм.)

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

10	10) Три пази шириною 20 мм. та глибиною 5 мм. (Ra12,5)	Фрезерування	Мікрометричний глибиномір: ГМ-300 (0-150мм.) Нутромтр цифровий: НЦ (18-35 мм.)
11	11) Шпоночний паз 18P9 (Ra12,5)	Довбання	Мікрометричний глибиномір: ГМ-300 (0-150мм.) Нутромтр цифровий: НЦ (18-35 мм.)

2.2. Характеристика матеріалу деталі

У відповідності креслення деталь виготовляється з матеріалу «сталь 40». Хімічний склад матеріалу вибираємо із [14] та заносимо в таблицю.

Таблиця 2.2. Хімічний склад сталь 40, %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,37	0,17- 0,37	0,50- 0,80	≤0,30	≤0,04	≤0,035	≤0,25	≤0,20	≤0,08	~96

C – вуглець;

Si – сицилій;

Mn – манган;

Ni – нікель;

S – сульфур;

P – фосфор;

Cr – хром;

Cu – купрум;

As – арсен;

Fe – ферум.

Механічні властивості матеріалу вибираємо та заносимо в таблицю.

Таблиця 2.3. Механічні властивості сталь 40

Тимчасовий спротив, σ_b , Н/мм ²	Межа пружності, σ_r , Н/мм ²	Відносне продовження, δ_5 , %	Відносне звуження, Ψ , %
≥570	≥335	≥19	≥45

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталь 40 часто використовується при виробництві труб, гарячекатаного тонкого та товстого листа, сортового та фасонного прокату, холоднокатаних та гнутих профілів. З неї виготовляють деталі та елементи різноманітних за функціоналом та умовами експлуатації агрегатів і механізмів: вісі, вали, плунжера, вал-шестерні, бандажі, шпинделі, фрикціони. Але найчастіше це: елементи трубопроводів ТЕС і АЕС; зв'язки та кріплення котельного обладнання; корпусна обшивка газових і гідротурбін; цільноковані вали гідравлічних турбін; деталі парових і газових теплогенеруючих установок; комплектуючі для сільськогосподарських машин і спецавтотранспорту[14].

2.3. Вибір типу виробництва

Тип виробництва визначається виходячи з річної програми випуску деталей $N_{річ} = 6000$ шт./рік, що передбачається завданням і маси деталі $m = 9,1$ кг. Згідно [15] – тип виробництва буде середньосерійний.

Таблиця 2.4. Організаційно-технологічні характеристики середньосерійного типу виробництва.

Характерна ознака	Тип виробництва - середньосерійний
1	2
Форма організації виробничого процесу	Предметно-потокова
Розміщення технологічного обладнання	За ходом виконання техпроцесу
Кваліфікація робітників	Різна
Повторюваність операцій	Періодична
Види технологічних процесів	Типові, групові
Ступінь деталізації технологічних процесів	Маршрутно-операційні. Для верстатів з ЧПК - докладні
Технологічне обладнання	Універсальне, частково спеціалізоване, верстати з ЧПК
Технологічне оснащення	Універсально-налагоджувальні, збірно-розбірне

Продовження таблиці 2.4

Різальний інструмент	Універсальний і спеціалізований
Вимірювальний інструмент	Калібри, універсальний вимірювальний інструмент
Заготовки	Прокат, відливки, коованки
Застосування розмітки	Обмежене
Методи досягнення точності	Метод повної і часткової взаємозамінності
Собівартість продукції	Середня

В середньосерійному виробництві деталі і вироби випускаються партіями. Величина оптимальної партії визначається:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} (\text{шт}) [15] \quad (2.1)$$

Де, a – необхідний запас деталей на складі для безперебійної роботи складальної дільниці, в днях. Для середніх деталей $a = 5$, для дрібних $a = 10; 12$

$F = 250$ днів – число робочих днів в році.

Тоді:

$$n = \frac{6000 \cdot 5}{250} = 120 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 120$ шт.

Отже величина партії деталей становить $n=120$ шт. при роботі в одну зміну.

2.4. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки

Враховуючи конструкцію і матеріал деталі та середньосерійний тип виробництва, вибираємо для заданої деталі два варіанти заготовок:

1. Штамповка на ГKM.
2. Сортовий прокат.

При виборі способу отримання заготовки, я розглядав інші варіанти:

1. Штампування на гарячих КГШП. Це хороший метод отримання заготовки для великосерійного або масового виробництва.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед переваг – це висока точність розмірів і форми, високий коефіцієнт використання матеріалу, висока продуктивність та можливість автоматизації механізації процесу штампування. Проте для моєї річної програми, N=6000шт., даний спосіб недоцільний, тому що дане обладнання дороговартісне та потребує велику кількість електроенергії.

2. Гаряче штампування на молотах. Використовується у серійному виробництві, рідше у масовому. Проте згідно з ДСТУ ГОСТ 7829-70, (таблиця №1) дана деталь не підходить по геометричних характеристиках поковки[16].

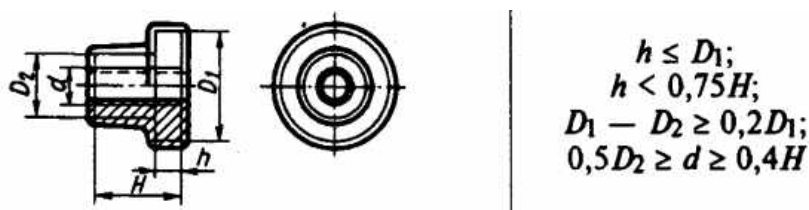


Рисунок 2.2 – ДСТУ ГОСТ 7829-70, таблиця №1

Для деталі «Півмуфта»

$40 \leq 180$	правильно
$40 < 0,75 \cdot 180$	привильно
$180 - 100 \geq 0,2 \cdot 180$	привильно
$0,5 \cdot 100 \geq 60 \geq 0,4 \cdot 120$	не правильно

3. Штампування на фрикційному гвинтовому пресі. Застосовують для штампування дрібних деталей, головок болтів, вигинальних і правильних робіт[17]. Тривалий контакт металу заготовки з поверхнею до поверхні штампу веде до перегрівання, тому штампування на гвинтових пресах має невисоку продуктивність, тому даний метод не підходить.

2.5. Розрахунок розмірів заготовки для штамповки на ГМК

1. Клас точності Т вибирається в залежності від обладнання і типу виробництва згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.68: штамповка на ГМК – Т4.

2. Група сталі М призначається по заданому матеріалі деталі і легуючих елементів згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.55: штамповка на ГМК – М2.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка рахується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь[18].

Враховуючи те, що наша деталь має форму циліндра, у якості фігури, що описує нашу деталь, також вибираємо циліндр. При цьому всі габаритні розміри деталі збільшуємо на коефіцієнт $K=1,1$. Відповідно $D=180 \cdot 1,1=198\text{мм}$. та $L=120 \cdot 1,1=132\text{мм}$.

Масу фігури G_{ϕ} визначаємо за допомогою програми «SolidWork» 2019р. Будуємо заготовку $D=198\text{мм}$ та $L=132\text{мм}$ та вибираємо матеріал 1.7034 (37Cr4) з бібліотеки матеріалів «SolidWork»[19]. Отримали масу фігури $G_{\phi}=31,7\text{кг}$.

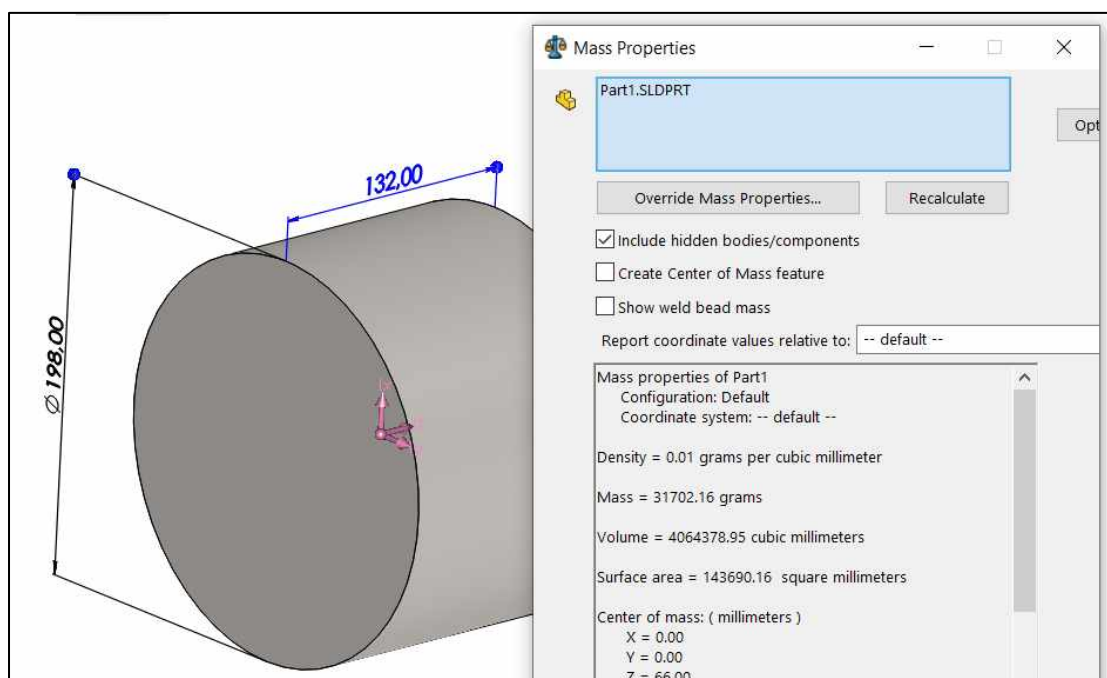


Рисунок 2.3 – Заготовка для штамповки на ГМК

Знайдемо масу поковки G_{Π} за формулою:

$$G_{\Pi} = G_{\text{д}} \cdot K_p \quad (2.2)$$

Де: $G_{\text{д}}$ – маса готової деталі; K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі. Згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.70, $K_p=1,5$.

Отримали масу деталі $G_{\text{д}}=9,08\text{кг}$., рис.2.4.

Тоді маса поковки:

$$G_{\Pi} = 9,08 \cdot 1,5 = 13,62\text{кг}.$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

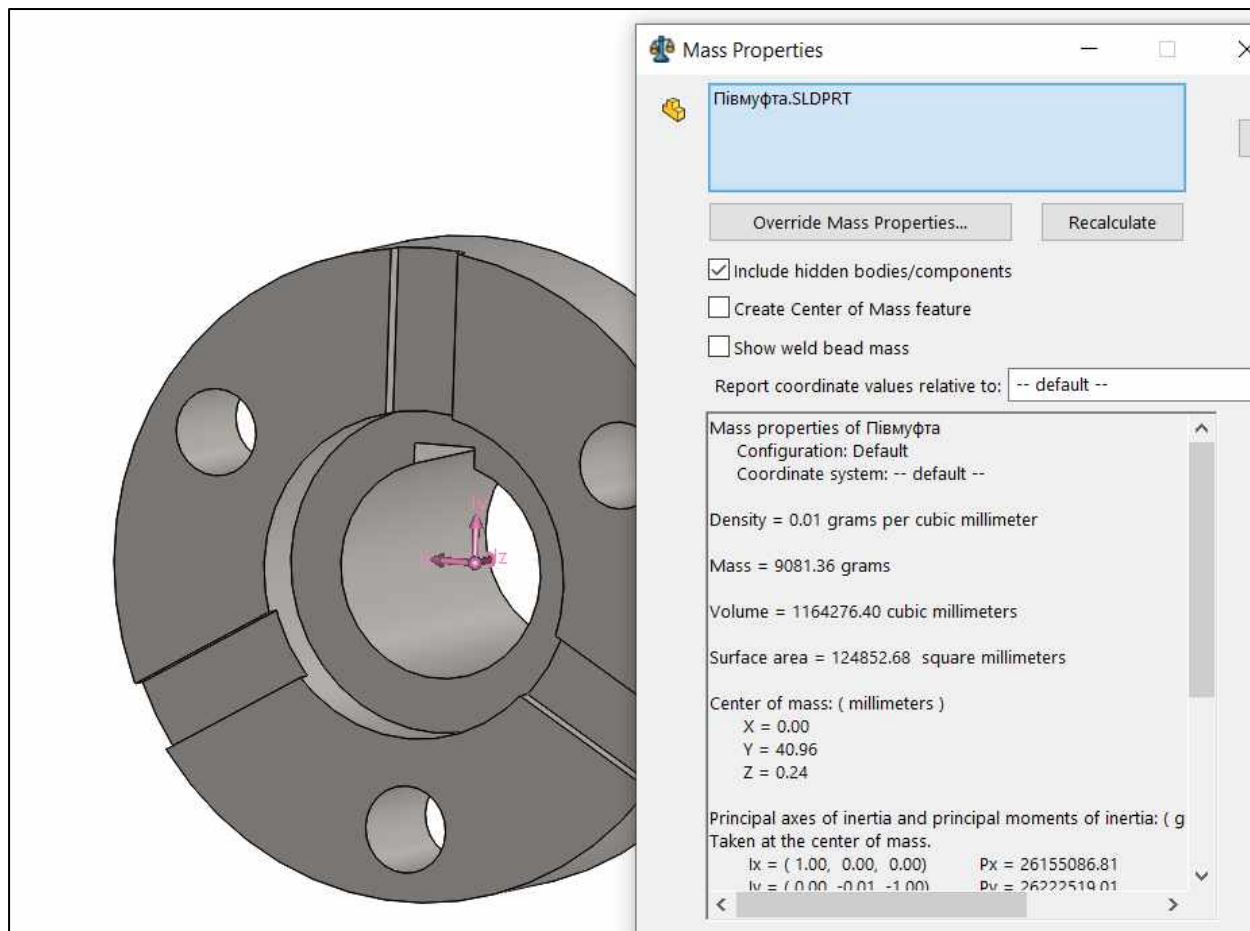


Рисунок 2.4 – Маса деталі «Півмуфта»

Ступінь складності визначаємо за формулою:

$$C = \frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{13,62}{31,7} = 0,43 \quad (2.3)$$

Враховуючи те, що значення коефіцієнта $0,63 > C > 0,32$, тому призначаємо ступінь складності С2, згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.70.

4. Оскільки деталь є простої конфігурації, без вигинів, то поверхня роз'єму буде плоскою П, згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.55.

5. Вихідний індекс – визначається в залежності від маси поковки: $(10\text{кг} < G_{\Pi} = 13,62\text{кг} < 20\text{кг})$; марки сталі «Сталь 40»; ступеня складності та класу точності поковки; необхідний для наступного призначення основних припусків; допусків та допустимих відхилень.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст. 57 вихідний індекс – 12.

Штамповка на ГKM – 12.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 Дані штампування на ГKM.

Вхідні дані	Штамповка на ГKM				
Клас точності	T4				
Марка матеріалу	M2				
Ступінь складності	C2				
Індекс	12				
Конфігурація поверхні роз'єму штамп	П				
	Розрахункові розміри, мм				
Припуски:	Ø180h7	Ø 100h7	Ø60H7	120мм	80мм
Основні	2,2	2,0	1,9	2,0	1,7
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штамп	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
Похибка між осьовою відстані	0,8	0,5	0,2	0,5	0,3
	Розміри заготовок, мм				
	Ø186,2мм	Ø105,5мм	Ø55,1мм	125,2мм	82,9мм
Допуски: розмірів	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$
Зміщення по поверхні роз'єму штамп	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4
Величина залишкового облою	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6
Висоти заусенцю	7,0	6,0	5,0	6,0	5,0

6. Вибір припусків

Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними шорсткостями то необхідно на ці поверхні призначити різні припуски, згідно ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст. 57., додаткові припуски призначаються для врахування знімання по площині роз'єму штамп і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності.

При розрахунку розмірів заготовки основні і додаткові припуски сумуються.

Для розміру Ø180h7:

$$180+(2,2 \cdot 2) +0,7+0,5+0,8=186,2\text{мм}; \quad \text{приймаємо } 186\text{мм}.$$

Для розміру Ø100h7:

$$100+(2,0 \cdot 2) + 0,6+0,4+0,5=105,5\text{мм}; \quad \text{приймаємо } 105,5\text{мм}.$$

Для розміру Ø60H7:

$$60-(1,9 \cdot 2) -0,6-0,3-0,2=55,1\text{мм}; \quad \text{приймаємо } 55\text{мм}.$$

Для розміру 120мм:

$$120+(2,0 \cdot 2) +0,6+0,4+0,5=125,2\text{мм}; \quad \text{приймаємо } 125\text{мм}.$$

Для розміру 80мм:

$$80+1,7+0,6+0,3+0,3=82,9\text{мм}. \quad \text{приймаємо } 83\text{мм}.$$

Для конструювання штамп і призначення його допустимого зносу вибираються допуски зміщення, залишкового облою, заусенцю, відхилення від концентричності пробитого отвору, вигнутості, між осьової відстані, кутових елементів, радіусів закруглень, згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.60-66 . Ці допуски вибираються в залежності від класу точності (Т4) і маси поковки (до 13,62 кг).

7. Вибір конструктивних елементів заготовки:

Радіуси заокруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень. $R = 2 \dots 4\text{мм}$, згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89 ст.60.

Приймаємо $R = 3\text{мм}$.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Положення лінії роз'єму при штампуванні на ГKM буде проходити перпендикулярно вісі вала ведучого через розмір $\varnothing 180h7$ заготовки.

Технічні вимоги призначаються згідно з ДСТУ ГОСТ 7505-89:

1. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Допустимі зміщення по площині роз'єму 0,6-0,7мм.
3. Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.

Визначаємо масу готової заготовки $Q_{\text{штаповка}} = 12,2 \text{ кг} [20]$.

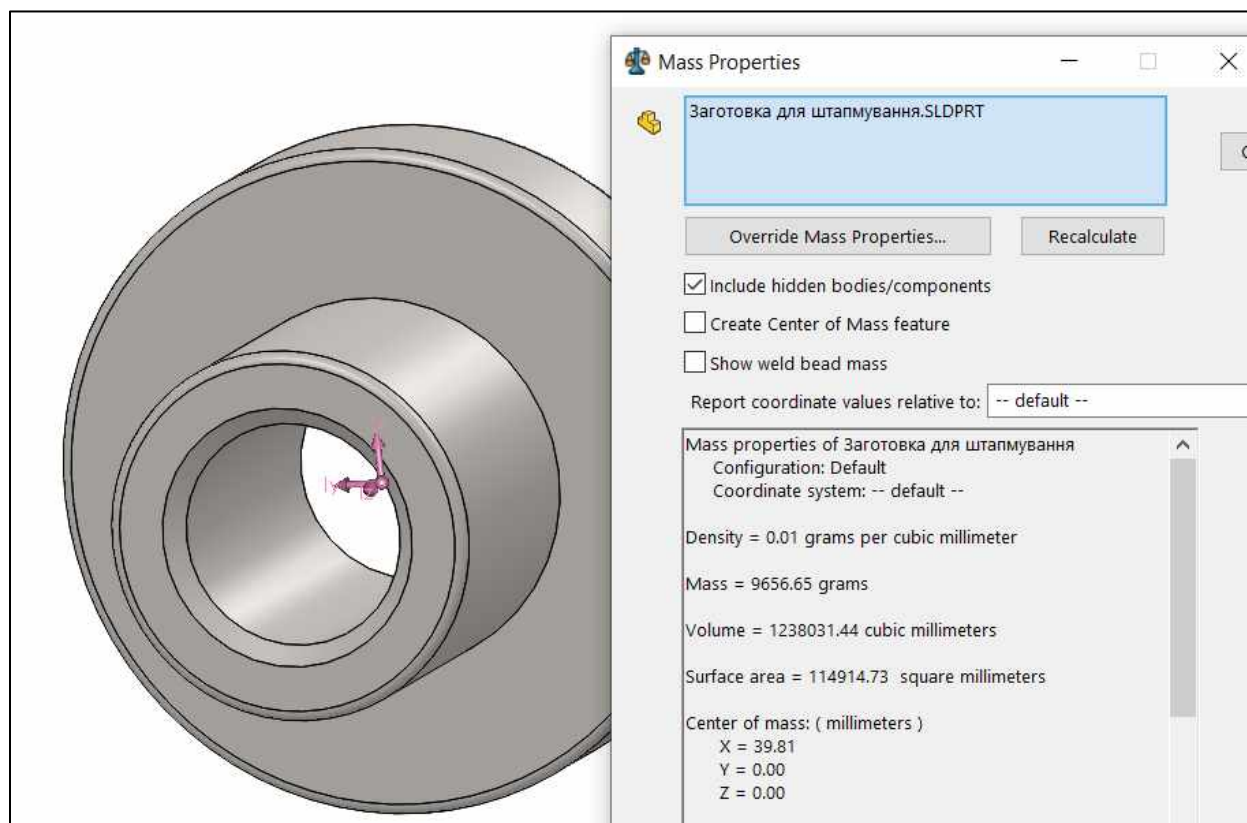


Рисунок 2.5 – Маса готової заготовки для ГKM

2.6. Розрахунок розмірів заготовки для сортового прокату

Для деталі «Півмуфта» виберемо круглий сортовий прокат. Найбільший діаметр деталі 180мм.; довжина – 140мм., тому берем прокат більший за максимальний діаметр деталі. Для нарізання заготовок використаємо диск по металу «Leniv D355 Z90». Ширина пропилу 2,3мм.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припуск на обробку залежить від шорсткості, діаметру та розміру деталі. Згідно ДСТУ 7809:2015 вибираємо припуск. Результати вводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 Припуск на обробку для сортового прокату

Розміри заготовки, мм	Припуски (на діаметр) для зовнішньої циліндричної поверхні, мм	Припуски (на бік) для торцевих поверхонь, мм
Ø180x140	9,6	5

1. На зовнішній Ø180 призначаємо припуск при шорсткості 1,25мкм.
Розрахунковий розмір – $180+9,6=189,6\approx 190\text{мм}$.
2. Для торцевих поверхонь приймаємо 5мм. з кожної сторони.
Розрахунковий розмір – $140+10=150\text{мм}$.
3. Для нарізання прокату дисковою пилкою призначаємо квалітети і основне відхилення на довжину заготовки – h14.
4. Величина допуску на розмірі 150мм. та кваліфікація 14 дорівнює 1000мкм.
5. Лінійний розмір заготовки з прокату – 150₋₁.
6. Шорсткість зовнішніх і торцевих поверхонь заготовки – Rz 40мкм.
7. Питома кривизна профілю прокату нормальної точності при довжині заготовки 150мм становить 1мкм на 1мм.
8. Кривизна профілю прокату звичайної точності при довжині заготовки 140мм становить $150\cdot 1 = 150\text{мкм}$.

Отже мінімальна довжина заготовки $L_{\text{заг}}=150,12\text{мм}$.

Тепер необхідно підібрати стандартний за ДСТУ 7809:2015 круглий прокат, який має параметри: зовнішній діаметр – від 190 мм і більше; довжина заготовки не менше 150мм.

Стандартного круглого сортового прокату Ø190мм немає. Тому із стандарту вибираємо прокат Ø200мм. Довжину прокату обираємо 6000мм.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

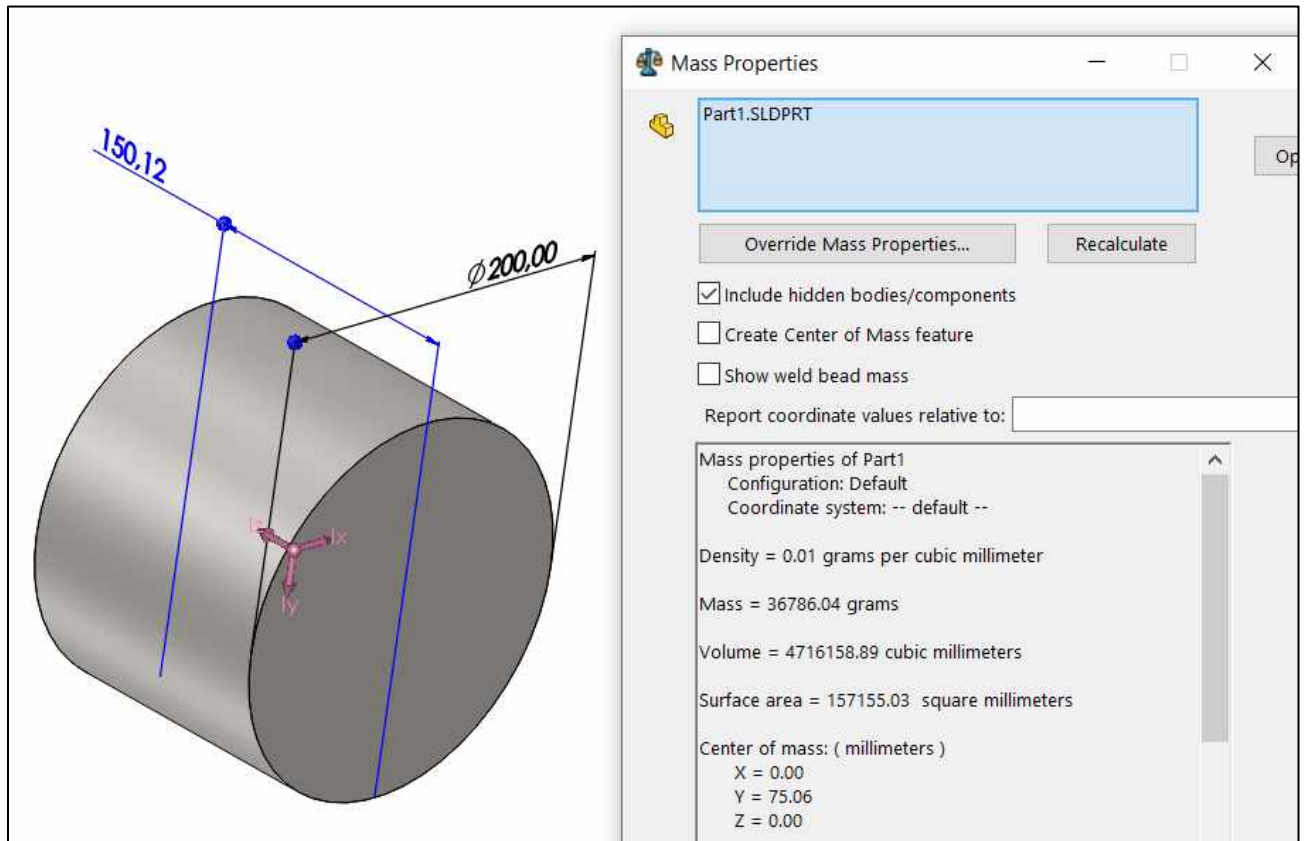


Рисунок 2.6 – Заготовка із сортового прокату

Створюємо 3-D модель заготовки із сортового прокату для деталі «Півмуфта» для отримання маси заготовки. Маса заготовки: $Q=36,8\text{кг}$.

9. Вибір конструктивних елементів заготовки:

1.1. Тип прокату – круглий гарячекатний, згідно з ДСТУ 4738

1.2. Точність прокату – B1

1.3. Кривизна профілю – 0,15мм.

2.7. Собівартість заготовок отриманих за допомогою штампування на ГKM та сортового прокату

1. Вартість заготовки отриманої за допомогою штампування на ГKM можна знайти за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \text{ грн.} \quad (2.4)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де C_i – базова ціна 1 тони заготовок, $C_i=48\,540$ грн.

Q – маса заготовки, $Q=12,2$ кг.;

q – маса готової деталі, $q=9,08$ кг.;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 тони відходів, $S_{\text{відх}}=4000$ грн.;

k_T – коефіцієнт класу точності, $k_T=1,1$, ст.33;

k_c – коефіцієнт ступеню складності, $k_c=0,83$;

k_b – коефіцієнт маси, $k_b=0,87$;

k_m – коефіцієнт марки матеріалу, $k_m=1,26$;

k_n – коефіцієнт об'єму виготовлення заготовок, $k_n=0,77$

Підставимо значення в формулу 2.4

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{48\,540}{1000} \cdot 12,2 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 0,87 \cdot 1,26 \cdot 0,77 \right) - (12,2 - 9,08) \cdot \frac{4000}{1000} \text{ грн.}$$

Отримуємо:

$$S_{\text{заг}}=443,88 \text{ грн.}$$

2. Вартість заготовки отриманої за допомогою сортового прокату можна знайти за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{o.3} \text{ грн.} \quad (2.5)$$

Де M – затрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{o.3}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на заготовки. Визначається за формулою:

$$C_{o.3} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт(ш.к)}}{60 \cdot 100} \quad (2.6)$$

Де $C_{п.з}$ – наведені витрати на робочому місці, $C_{п.з}=150$ грн/год.;

$T_{шт(ш.к)}$ – штучно або штучно калькуляційний час виконання заготівельної операції (правки, калібрування, різання ті ін.).

Для відрізної операції: $T_{шт(ш.к)}=2,72$ хв.

Затрати на матеріал визначаються за формулою:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.7)$$

Де Q – маса заготовки, $Q=36,8$ кг.;

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S – ціна одного кг. заготовки, $S=48,5$ грн.;

q – маса готової деталі, $q=9,08$ кг.;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 тони відходів, $S_{\text{відх}}=4000$ грн.

Підставимо значення в формулу 2.4:

$$M = 36,8 \cdot 48,5 - (36,8 - 9,08) \cdot \frac{4000}{1000}, \text{ грн.}$$

$$M=1674 \text{ грн.}$$

Визначаємо $C_{0,3}$:

$$C_{0,3} = \frac{150 \cdot 2,72}{60 \cdot 100} = 0,068$$

Тоді вартість заготовки отриманої за допомогою сортового прокату:

$$S_{\text{заг}} = 1674 + 0,068 = 1674,068, \text{ грн.}$$

Економія витрати матеріалу визначається за формулою:

$$E_{\text{н}} = (S_{1\text{заг}} - S_{2\text{заг}}) \cdot N \quad (2.8)$$

Де $S_{1\text{заг}}$ – вартість заготовки отриманої за допомогою сортового прокату;

$S_{2\text{заг}}$ – вартість заготовки отриманої за допомогою штампування на ГKM;

N – річна програма випуску.

Отримаємо:

$$E_{\text{н}} = (1674,07 - 443,88) \cdot 6000 = 7\,381\,140 \text{ грн.}$$

2.8. Коефіцієнт використання матеріалу

Коефіцієнт використання матеріалу, визначається за формулою:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} \quad (2.9)$$

де, $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг,

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг.

1. Для штамповки на ГKM:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{9,08}{12,2} = 0,74$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Для сортового прокату:

$$K_{в.м} = \frac{9,08}{36,8} = 0,25$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 Порівняльна таблиця методів отримання заготовки

Назва позиції	1 ^{ий} варіант	2 ^{ий} варіант
Вид заготовки	Штамповка на ГKM	Сортовий прокат
1	2	3
Маса	12,2	36,8
Вартість деталі, грн	443,88	1674,07
Коефіцієнт використання матеріалу	0,74	0,25

Висновок: заготовка, отримана методом штамповки на ГKM, вийде дешевше та з вищим коефіцієнтом використання матеріалу. Тому обираємо заготовку отриману штампуванням на ГKM для подальшої розробки технологічного процесу.

2.9. Розробка маршрутного технологічного процесу

Враховуючи тип виробництва – середньосерійний, технічні вимоги, до деталі із табл. 3.1 та керуючись принципами сталості баз, суміщення баз і технологічної сумісності операцій, складаємо маршрут виготовлення деталі «Півмуфта».

Операція 005 Токарна з ЧПК – точити поверхні (1..5) та розточити поверхні (6..8).

Операція 010 Свердлильна з ЧПК – свердлити та розвернути 3 отвори, поверхня (9)[21].

Операція 015 Фрезерна з ЧПК – фрезерувати три пази, поверхня (10).

Операція 020 Довбальна – довбати шпоночний паз (11).

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10. Розробка операційної технології

Розробимо операційну технологію для операції 005–020. Для виконання операції 005 приймаємо: «НААС ST-15»[22]. Для виконання операцій 010 та 015 використаємо вертикальний верстат з ЧПУ «НААС VF-1»[23]. Для виконання операції 020 приймаємо: «7А412». Технологічними базами є «А», «Б».

Операція 005 складається з наступних переходів:

Встановити та закріпити заготовку.

1. Підрізати торець «5» за два проходи: напівчистовий (2мм.) та чистовий (0,5мм) в р-р 122,5мм.
2. Проточити поверхню «4» за два проходи: напівчистовий (2мм.) та чистовий (0,5мм) в р-р $\varnothing 100_{-0,035}^{+0,030}$ мм.
3. Проточити поверхню «3» за один напівчистовий прохід в р-р 42,5мм.
4. Розточити поверхню «7» за два проходи: напівчистовий (2мм.) та чистовий (0,5мм) в р-р $\varnothing 60_{-0,030}^{+0,030}$ мм. Та фаску «8» в р-р 5x45°

Встановити та закріпити заготовку.

5. Підрізати торець «1» за два проходи: напівчистовий (2мм.) та чистовий (0,5мм) в р-р 120мм.
6. Проточити поверхню «2» за два проходи: напівчистовий (2мм.) та чистовий (0,5мм) в р-р $\varnothing 180_{-0,040}^{+0,030}$ мм.
7. Розточити поверхню «6» за п'ять проходів: три чорнові (5мм.); один напівчистовий (2мм.) та один чистовий (0,5мм.) в р-р $\varnothing 90_{-0,054}^{+0,054}$ мм.

Операція 010 складається з наступних переходів:

1. Послідовно просвердлити три отвори «9» в р-р $\varnothing 23,5$ мм.
2. Послідовно розвернути три отвори «9» в р-р $\varnothing 24_{-0,030}^{+0,030}$ мм.

Операція 015 складається з наступних переходів:

1. Послідовно профрезувати три пази «10» за один прохід 5мм.

Операція 020 складається з наступних переходів:

1. Продовбати шпоночний паз «11» на довжину 102мм. в р-р 18P9.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11. Вибір різального , допоміжного та контрольно–вимірювального інструменту

Проаналізувавши попередні пункти і виходячи із середньосерійного типу виробництва, проводимо вибір необхідних інструментів для виконання технологічного процесу виготовлення деталі «Півмуфта», та зводимо їх в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

Номер, назва операції переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
005. Токарна з ЧПУ			
1. Встановити та закріпити №1			
1.1. Підрізати торець «5»	Різець HCBNR/L 2020K0904[24]	Пластина CNMG 090408 FT[24]	МК гладкий мікрометр: МК125 ТС (100-125мм.)
1.2. Проточити поверхню «4»	Різець HCBNR/L 2020K0904[24]	Пластина CNMG 090408 FT[24]	МК гладкий мікрометр: МК125 ТС (100-125мм.)
1.3. Розточити поверхню «7» разом з фаскою «8»	Різець A20Q HCLNR/L 0904[24]	Пластина CNMG 090408FM[24]	Нутромір індикаторний: НІ (50-100 мм.) Фаскомір (0-10 мм.)
2. Встановити та закріпити №2			
2.1. Підрізати торець «1»	Різець HCBNR/L 2020K0904 [24]	Пластина CNMG 090408 FT[24]	МК гладкий мікрометр: МК200 (175-200мм.)
2.2. Проточити поверхню «2»	Різець HCBNR/L 2020K0904[24]	Пластина CNMG 090408 FT[24]	МК гладкий мікрометр: МК200 (175-200мм.)

1.1. Розточити отвір «6»	Різець A20Q HCLNR/L 0904[24]	Пластина CNMG 090408FM[24]	Нутромір індикаторний: НІ (50-100 мм.) Фаскомір (0-10 мм.)
010. Свердлильна з ЧПУ			
2. Встановити та закріпити №3			
2.1. Свердлити отвори «9»	Свердло TOP2235-32T2-08[25]	Пластина SOMT 08T306 DP[25]	Нутрометр цифровий: НЦ (18-35 мм.)
2.2. Розвернути отвори «9»	Розвертка ТВ-В24. 000-S25T0-3В[25]	Пластина ТВ-3В06[25]	Нутрометр цифровий: НЦ (18-35 мм.)
015. Фрезерна з ЧПУ			
2.3. Фрезерувати пази «10»	Кінцева фреза TE90AV-218-W16-10[26]	AVKT 100416R-M[26]	Мікрометричний глибиномір: ГМ-300 (0-150мм.) Нутрометр цифровий: НЦ (18-35 мм.)
020. Довбальна			
2.4. Продовбати шпоночний паз «11»	Довбальний різець UT-18/25-32[27]	Пластина IN-18 P6/P9-SM[27]	ГМ-300 (0-150мм.) Нутрометр цифровий: НЦ (18-35 мм.)

2.12. Висновки по розділу

1. Проаналізували технічні умови на обробку деталі.
2. Вибрали найдоцільніший тип виробництва.
3. Обрали та обґрунтували метод отримання заготовки.
4. Розрахували собівартість отримання заготовки за допомогою ГKM та сортового прокату.
5. Визначили коефіцієнт використання матеріалу.
6. Розробили маршрут технологічного процесу та операційну технологію

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Кінематичний розрахунок

Метою кінематичного розрахунку є вибір двигуна та визначення передаточних відношень, які розташовані між двигуном і виконавчим механізмом. Зважаючи на те, що виконавчим органом є довбальна головка, яка здійснює зворотньо-поступальний рух, що передається через кулісу. Механізм куліси перетворює обертальний рух в зворотньо-поступальний[28].

3.1.1. Вибір структури приводу

Структуру приводу вибираємо зважаючи на особливості типових довбальних верстатів, а також верстата прототипа. Структура приводу складається з: електродвигуна; пасової передачі, що використовується для пом'якшення ударних навантажень, оптимізації коливань та забезпечення плавної передачі обертального моменту між валами при незначному їх зміщенні або вібраціях; зубчастої передачі, при якій зубчастим колосом буде служити сама куліса[29].

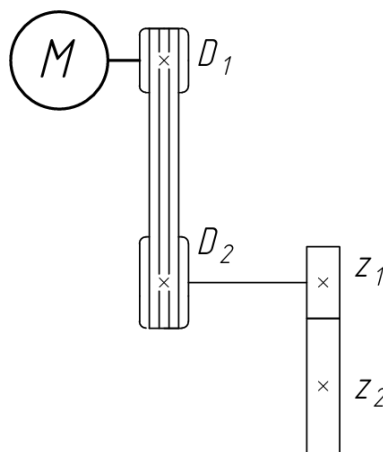


Рисунок 3.1 – Вигляд структури приводу

					<i>КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Конструкторський розділ</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іщук Б.В.</i>								
<i>Перевір.</i>		<i>Крцпа В.В.</i>								
<i>Реценз.</i>								<i>ТНТУ, ФМТ, МВ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Крцпа В.В.</i>								

3.1.2. Вибір двигуна

З урахуванням того, що швидкість довбання паза в наслідок розрахунку режимів різання з пункту 1.4, не вимагає широкого діапазону регулювання. З існуючих типів двигунів вибираємо асинхронні електродвигуни трифазного струму єдиної серії 4А, для зменшення габаритів, маси та витрат електроенергії[30].

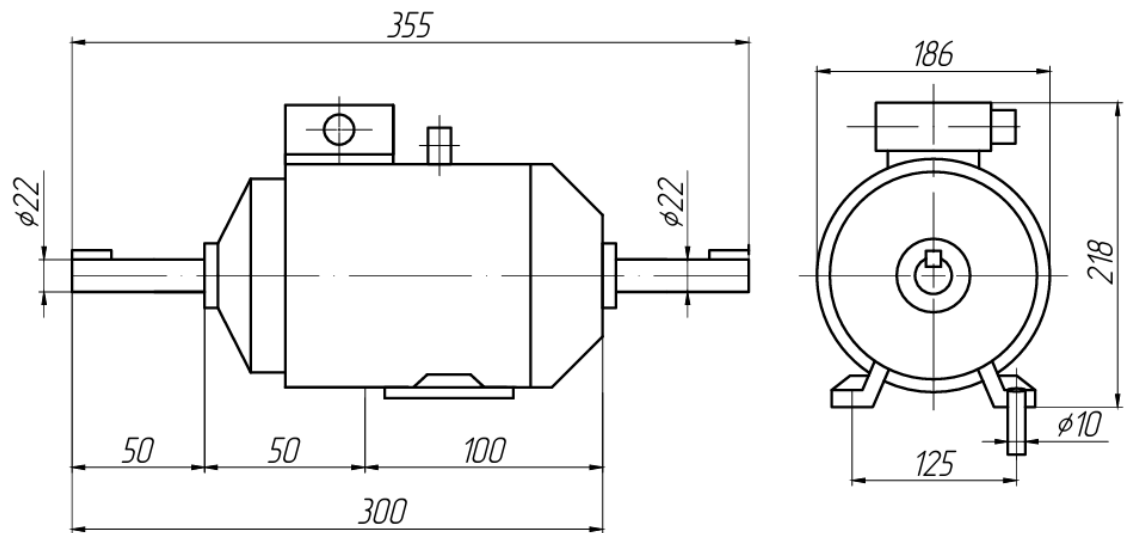


Рисунок 3.2 – Габарити електродвигуна 4А80А2

Згідно даних, підходить електродвигун: 4А80А2. Чотиричастинний двигун, який встановлювався на 7А412, має наступні параметрами[4]:

$$N = 0,8; 1,0; 1,4; 1,5 \text{ кВт.}; n = 700; 950; 1350; 2800 \text{ об/хв.}$$

3.1.3. Розрахунок передатного відношення

Зважаючи на те, що у нас є обмеження по зовнішньому діаметру куліси, її модулю, а також по максимальному передаточному відношенню, що може бути передано зубчастою передачею приймаємо $z_2 = 100$. З урахуванням необхідного великого передатного відношення z_1 можемо прийняти: 17,18,19 або 20. Приймаємо $z_1 = 19$.

Для пасової передачі приймаємо стандартний ведучий 96мм. та ведений 240мм.шків.

Необхідна частота обертання куліси 700, 950, 1350, 2800. Отримаємо частоти обертань:

$$700 \cdot \frac{96}{240} = 280 \text{об/хв}$$

$$950 \cdot \frac{96}{240} = 380 \text{об/хв}$$

$$1350 \cdot \frac{96}{240} = 540 \text{об/хв}$$

$$2800 \cdot \frac{96}{240} = 1120 \text{об/хв}$$

Загальне передатне відношення:

$$u_{\text{заг}} = \frac{D_1}{D_2} \cdot \frac{z_1}{z_2} \quad (3,1)$$

$$u_{\text{заг}} = \frac{96}{240} \cdot \frac{19}{100} = 0,076$$

Будуємо структурну сітку частот обертання[31].

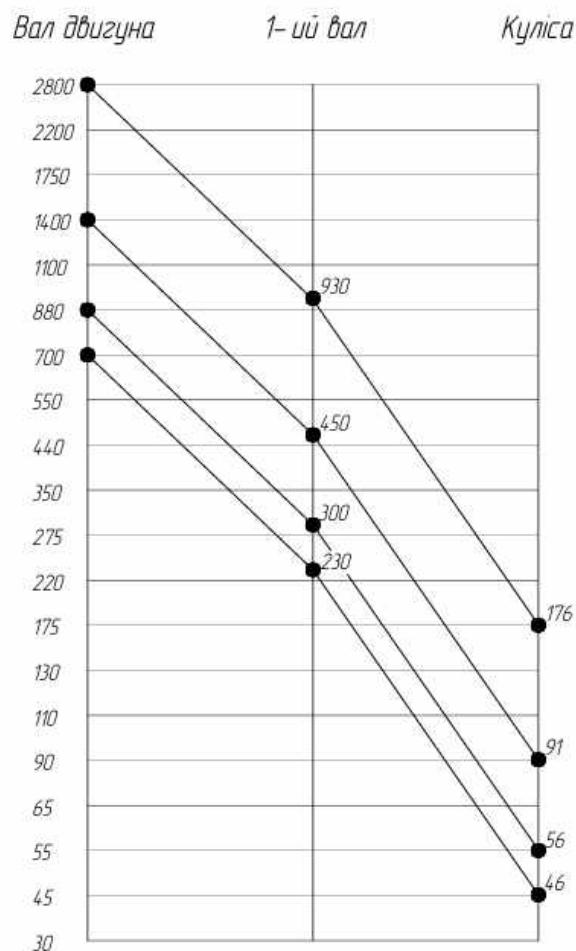


Рисунок 3.3 – Структурна сітка частот обертання

3.2. Розрахунок компонентів приводу

3.2.1. Розрахунок пасової передачі

Необхідно розрахувати вертикальну клинопасову передачу від електродвигуна до валу зубчастої передачі за такими даними: потужність, яку передає передача $P_1 = 1,5\text{кВт}$; частота обертання шпинделя $n = 700\text{об/хв.}$; діаметр ведучого шківa $d_1 = 96\text{мм.}$; діаметр веденого шківa $d_2 = 240\text{мм.}$; передача працює в одну зміну при постійному навантаженні.

Розв'язання

Знайдемо передаточне число передачі « u » за формулою 3.2:

$$u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{96}{240} = 0,4 \quad (3.2)$$

Кутова швидкість на валі електродвигуна « ω_1 » за формулою 3.3:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 700}{30} = 73,3 \text{ рад/с.} \quad (3.3)$$

На ведучому шківі обертовий момент « T_1 » за формулою 3.4:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{73,3} = 20,5 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (3.4)$$

Відповідно до рекомендацій, орієнтуємося на клинові паси нормального перерізу «А». Для таких пасів маємо площу поперечного перерізу $A = 81\text{мм}^2$, базову довжину $l_0 = 1700\text{мм.}$

Швидкість паса v , знайдемо за формулою 3.5:

$$v = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{2} = \frac{73,3 \cdot 96}{2} = 3,5 \text{ м/с.} \quad (3.5)$$

Орієнтовно беремо міжосьову відстань передачі:

$$a' = (1..2) \cdot (d_1 + d_2) = (1..2) \cdot (96 + 240) = 336 \dots 672\text{мм.}$$

Приймаємо орієнтовну міжосьову відстань передачі $a' = 400\text{мм.}$

Потрібна довжина паса l' визначається за формулою 3.6:

$$l' = 2 \cdot a' + \pi \cdot \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{(4 \cdot a')} \quad (3.6)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l' = 2 \cdot 400 + 3,14 \cdot \left(\frac{(96+240)}{2} \right) + \left(\frac{(240-96)^2}{(4 \cdot 400)} \right) = 1340 \text{ мм.}$$

За стандартом беремо розрахункову довжину паса $l = 1400$ мм. Дійсна міжосьова відстань « a », яка відповідає довжині паса визначається за формулою 3.7:

$$a = \frac{(2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2)) + \sqrt{(2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2))^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2}}{8} \quad (3.7)$$

$$a = \frac{(2 \cdot 1400 - 3,14 \cdot (96 + 240)) + \sqrt{(2 \cdot 1400 - 3,14 \cdot (96 + 240))^2 - 8 \cdot (240 - 96)^2}}{8} = 430,1 \text{ мм.}$$

Оцінка довговічності паса за числом його пробігів « i » за формулою: 3.8

$$i = \frac{v}{l} \leq [i] \quad (3.8)$$

$[i]$ – допустиме число пробігів паса для клинопасової передачі рекомендують брати $[i] = (12 \dots 15) c^{-1}$. Якщо умова виконується, то вважають довговічність паса у конкретні передачі задовільною.

$$i = \frac{3,5 \cdot 10^3}{1400} = 2,5 c^{-1}$$

Умова $i \leq [i]$ – виконується.

Кут обхвату меншого шківів « α_1 » за формулою 3.9:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad (3.9)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{(240 - 96)}{430,1} = 160,9^\circ$$

Кут обхвату більшого шківів « α_2 » за формулою 3.10:

$$\alpha_2 = 180 + 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad (3.10)$$

$$\alpha_2 = 180 + 57 \cdot \frac{(240 - 96)}{430,1} = 199,1^\circ$$

Допустима потужність $[P]$ для одного паса перерізу «А», визначається за формулою 3.11:

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_p \cdot C_z, \quad (3.11)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_0 – допустима потужність для одного клинового паса певного перерізу у дослідних умовах, $P_0 = 0,84$ кВт.;

C_α – коефіцієнт, що враховує кут обхвату пасом малого шківів:

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 160,9) = 0,94;$$

C_l – коефіцієнт фактичної довжини паса l , $C_l = \sqrt[6]{\frac{l}{l_0}} = \sqrt[6]{\frac{1400}{1700}} = 0,97$;

C_p – коефіцієнт враховує режим роботи передачі, $C_p = 1$;

C_z – коефіцієнт кількості пасів z , що працюють паралельно в одні передачі,

$C_z = 0,95$ (при орієнтованому значенні $z = 2$).

$$[P] = 0,84 \cdot 0,94 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,73 \text{ кВт.}$$

Потрібне число пасів z , що працюють паралельно на шківів передачі, визначається за формулою 3.12:

$$z = \frac{P_1}{[P]} = \frac{1,5}{0,73} = 2,06 \quad (3.12)$$

Приймаємо число пасів $z = 2$.

Силу попереднього натягу віток комплексу клинових пасів F_0 , визначаємо за формулою 3.13:

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot P_1 \cdot C_l}{(v \cdot C_\alpha \cdot C_p)} \quad (3.13)$$

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,97}{(3,5 \cdot 0,94 \cdot 1)} = 372 \text{ Н}$$

Навантаження на вали пасової передачі R , визначається за формулою 3.14:

$$R = 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \quad (3.14)$$

$$R = 2 \cdot 372 \cdot \sin\left(\frac{160,9}{2}\right) = 734 \text{ Н} [32].$$

3.2.2. Розрахунок зубчастієї передачі

Матеріал зубчастих коліс. Для виготовлення шестірні та колеса вибираємо відносно дешеву леговану сталь 40Х із термообробкою поліпшення.

Для шестірні твердість поверхні зубців $H_1 = 269...302$ НВ, приймаємо 280 НВ;

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міцність $\sigma_{b1} = 900\text{МПа}$; текучість $\sigma_{T1} = 750\text{МПа}$ при діаметрі заготовки до 125 мм.
Для колеса твердість поверхні зубців $H_2 = 235\ldots 262\text{НВ}$, приймаємо 245 НВ;
міцність $\sigma_{b2} = 790\text{МПа}$; текучість $\sigma_{T2} = 640\text{МПа}$ при діаметрі заготовки до 280мм.

Допустимі напруження для розрахунку зубчастієї передачі.

А) Допустимі контактні напруження.

Границі контактної витривалості зубців шестірни та колеса будуть такими:

$$\sigma_{H \lim b1} = 2H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 630\text{МПа}; \quad (3.15)$$

$$\sigma_{H \lim b2} = 2H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560\text{МПа}. \quad (3.16)$$

Базу випробувань для матеріалу шестірни та колеса визначаємо за формулою:

$$N_{H01} = 30H_1^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 2,24 \cdot 10^7; \quad (3.17)$$

$$N_{H02} = 30H_2^{2,4} = 30 \cdot 245^{2,4} = 1,63 \cdot 10^7. \quad (3.18)$$

Для знаходження кутової швидкості на валу шестерні потрібно спершу знайти частоту обертання. Складемо рівняння кінематичного балансу для мінімальної можливої частоти обертання $n=700$ об/хв, на верстаті 7А412:

$$700\text{об/хв} \cdot \frac{96}{240} = 280\text{об/хв}. \quad (3.19)$$

Отримавши частоту обертання на валу, знайдемо кутову швидкість « ω_1 » за формулою 3,20:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 280}{30} = 29,3 \text{ рад/с}. \quad (3.20)$$

Тепер знайдемо кутову швидкість « ω_2 » за формулою 3.21:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u} = \frac{29,3}{0,19} = 154,3 \text{ рад/с}. \quad (3.21)$$

Сумарне число циклів навантаження зубців шестерні та колеса за строком служби передачі визначається за формулами 3,22 та 3,23:

$$N_{\Sigma 1} = 1800 \cdot \omega_1 \cdot h/\pi = 1800 \cdot 29,3 \cdot 20\,000/3,14 = 3,36 \cdot 10^8 \quad (3.22)$$

$$N_{\Sigma 2} = 1800 \cdot \omega_2 \cdot h/\pi = 1800 \cdot 154,3 \cdot 20\,000/3,14 = 0,18 \cdot 10^8 \quad (3.23)$$

Еквівалентні числа циклів навантаження зубців шестерні та колеса для розрахунку на контактну витривалість N_{HE} і для розрахунків на витривалість при згині N_{FE} із коефіцієнтами інтенсивності $K_{HE} = 0,18$ і $K_{FE} = 0,07$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{HE1} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma1} = 0,18 \cdot 3,36 \cdot 10^8 = 0,6 \cdot 10^8 \quad (3.24)$$

$$N_{HE2} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma2} = 0,18 \cdot 0,18 \cdot 10^8 = 0,03 \cdot 10^8 \quad (3.25)$$

$$N_{FE1} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma1} = 0,07 \cdot 3,36 \cdot 10^8 = 2,35 \cdot 10^7 \quad (3.26)$$

$$N_{FE2} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma2} = 0,07 \cdot 0,18 \cdot 10^8 = 0,12 \cdot 10^8 \quad (3.27)$$

За умови $N_{H0} < N_{HE}$ – коефіцієнт довговічності, $K_{HL} = 1$.

При $N_{H0} > N_{HE}$ – коефіцієнт довговічності, $K_{HL} \approx 1,3$.

Для шестерні $2,24 \cdot 10^7 < 0,6 \cdot 10^8$, приймаємо $K_{HL1} = 1$

Для колеса $1,63 \cdot 10^7 > 0,03 \cdot 10^8$, приймаємо $K_{HL2} = 1,3$

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті $Z_R = 1$ (шорсткість поверхні зуба Ra1,25...0,63) та коефіцієнта запасу $S_H = 1,1$ знаходимо за формулою 3,28 та 3,29:

$$[\sigma]_{H1} = \sigma_{H \lim b1} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL1}}{S_H} = 630 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,1} = 572,7 \text{ МПа.} \quad (3.28)$$

$$[\sigma]_{H2} = \sigma_{H \lim b2} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL2}}{S_H} = 560 \cdot 1 \cdot \frac{1,3}{1,1} = 661,8 \text{ МПа.} \quad (3.29)$$

Для зубців косозубої передачі розрахункове допустиме контактне напруження визначається за формулою 3,30:

$$[\sigma]_H = 0,45 \cdot ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 \cdot (572,7 + 661,8) = 556 \text{ МПа.} \quad (3.30)$$

Допустиме граничне контактне напруження за формулою 3,31:

$$[\sigma]_{H \max} = 2,8 \cdot \sigma_{T2} = 2,8 \cdot 640 = 1792 \text{ МПа.} \quad (3.31)$$

Б) Допустимі напруження на згин. Границі витривалості зубців при згині для бази випробувань $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$ Па.

$$\sigma_{F \lim b1} = 1,8 \cdot H_1 = 1,8 \cdot 280 = 504 \text{ МПа.} \quad (3.32)$$

$$\sigma_{F \lim b2} = 1,8 \cdot H_2 = 1,8 \cdot 245 = 441 \text{ МПа.} \quad (3.33)$$

Оскільки $N_{F0} < N_{FE1}$ і $N_{F0} < N_{FE2}$, коефіцієнт довговічності для зубів шестерні та колеса $K_{FL} = 1$.

Допустиме напруження на згин для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті $K_{F0} = 1$ (нереверсивна передача) і коефіцієнту запасу $S_F = 2,2$ визначаємо за формулами 3,34 та 3,35:

$$[\sigma]_{F1} = \sigma_{F \lim b1} \cdot K_{F0} \cdot \frac{K_{FL1}}{S_F} = 504 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2,2} = 229 \text{ МПа.} \quad (3.34)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_{F2} = \sigma_{F \text{ lim } b2} \cdot K_{Fo} \cdot \frac{K_{FL2}}{S_F} = 441 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2,2} = 200 \text{ МПа.} \quad (3.35)$$

Для зубців шестерні та колеса граничне допустиме напруження на згин:

$$[\sigma]_{F1 \text{ max}} = 4,8 \cdot \frac{H_1}{S_F} = 4,8 \cdot \frac{280}{2,2} = 610 \text{ МПа.} \quad (3.36)$$

$$[\sigma]_{F2 \text{ max}} = 4,8 \cdot \frac{H_2}{S_F} = 4,8 \cdot \frac{245}{2,2} = 534 \text{ МПа.} \quad (3.37)$$

Проектний розрахунок передачі. Для проектного розрахунку зубчастої конічної передачі попередньо беремо коефіцієнт ширини вінця $\psi_{ba} = 0,4$ і відповідно для передачі зовнішнього зачеплення $u + 1$:

$$\psi_{bd} = 0,5\psi_{ba}(u + 1) = 0,5 \cdot 0,4 \cdot (0,19 + 1) = 0,24 \quad (3.38)$$

Коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців, $K_{H\beta} = 1,02$. Допоміжний коефіцієнт, $K_a = 430 \text{ МПа}^{1/3}$ для сталевих косозубих коліс. За формулою 6.25 міжосьова відстань передачі:

$$a_{\omega} = \frac{0,5 \cdot m_n \cdot (z_1 + z_2)}{\cos(\beta)} = \frac{0,5 \cdot 2,5 \cdot (19 + 100)}{\cos(15^\circ)} = 709,9 \text{ мм.} \quad (3.39)$$

β – кут нахилу лінії зубців, $\beta = 15^\circ$.

Вибираємо фактичну міжосьову відстань $a_{\omega} = 710 \text{ мм}$. Визначаємо передаточне число за формулою 3,40:

$$u = \frac{z_1}{z_2} = \frac{19}{100} = 0,19 \quad (3.40)$$

Знайдемо значення параметру обертового моменту на ведучому валу T_1 , з формули:

$$a_{\omega \text{ min}} = K_a \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_{H\beta}}{(u \cdot \psi_{ba} \cdot [\sigma]_H^2)}} \quad (3.41)$$

$$710 = 430 \cdot (0,19 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot 1,02}{(0,19 \cdot 0,40 \cdot 556^2)}}$$

$$T_1 = 61531 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 61,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отримавши обертовий момент T_1 , знайдемо потужність P_1 , на ведучому валу з формули:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} \quad (3.42)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$61,5 = \frac{P_1}{29,3}$$

$$P_1 = 1801,95 \text{ Вт} = 1,8 \text{ кВт} [32].$$

3.2.3. Розрахунок валу

Проектний розрахунок і конструювання валу. Для розрахунку валу вибираємо нормалізовану сталь 45, для якої $\sigma_T = 363 \text{ МПа}$ і $\sigma_B = 598 \text{ МПа}$. Діаметр валу з умови міцності на кручення попередньо визначимо для перерізів валу під зубчастими колесами. Оскільки в цих перерізах одночасно діють крутний і згинальні моменти, то діаметр цих перерізів знайдемо за заниженим допустимим напруженням $[\tau] = 25 \text{ МПа}$. За формулою [31] отримаємо:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 61,5}{3,14 \cdot 25}} = 23,2 \text{ мм.} \quad (3.43)$$

Приймаємо $d = 24 \text{ мм}$.

3.2.4. Розрахунок фрикційної муфти

Необхідно розрахувати запобіжну фрикційну дискову муфту для з'єднання валів діаметром $d = 24 \text{ мм}$, номінальний момент $T_H = 61,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Розв'язання

Зовнішній діаметр муфти $D = 150 \text{ мм}$. при $T_H = 61,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Приймаємо коефіцієнт запасу зчеплення $\beta = 1,05$. Розрахунковий момент визначається за формулою 3,44:

$$T_p = \beta \cdot T_H = 1,05 \cdot 61,5 = 64,8 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.44)$$

Матеріал поверхонь тертя дисків: загартована сталь – загартована сталь (при змащуванні). Приймаємо коефіцієнт тертя $f = 0,3$ та допустимі стиски $[p] = 0,25 \text{ МПа}$.

Діаметри кільця тертя: зовнішній визначається за формулою 3,45:

$$D_1 = (3,5 \div 4) \cdot d = (3,5 \div 4) \cdot 24 = 84 \div 96 \text{ мм.} \quad (3.45)$$

Приймаємо $D_1 = 90 \text{ мм}$.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметри кільця тертя: внутрішній за формулою 3,46:

$$D_2 = 2,5 \cdot d = 2,5 \cdot 24 = 60 \text{ мм.} \quad (3.46)$$

Приведений радіус кільця тертя визначається за формулою 3,47:

$$R = \frac{D_1^3 - D_2^3}{3 \cdot (D_1^2 - D_2^2)} = \frac{90^3 - 60^3}{3 \cdot (90^2 - 60^2)} = 38 \text{ мм.} \quad (3.47)$$

Допустима осьова сила визначається за формулою 3,48:

$$[F_a] = [p] \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot (90^2 - 60^2)}{4} = 883,6 \text{ Н.} \quad (3.48)$$

Число пар тертя визначається за формулою 3,49:

$$z = \frac{T_p}{f \cdot [F_a] \cdot R} = \frac{64,8 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 883,6 \cdot 38} = 6,4 \quad (3.49)$$

Округлимо до парного числа $z = 6$.

Число ведучих дисків: $z_1 = \frac{z}{2} = 3$.

Число ведених дисків: $z_2 = z_1 + 1 = 3 + 1 = 4$ [33].

3.2.5. Розрахунок шпоночного з'єднання

За діаметром валу $d = 24$ мм. згідно зі стандартом вибираємо такі розміри з'єднання: ширина шпонки $b = 8$ мм.; висота $h = 7$ мм.; глибина паза на валу $t_1 = 4$ мм. Та у маточині колеса $t_2 = 3,3$ мм.

Для сталевого колеса та різко змінного навантаження беремо допустиме напруження зминання $[\sigma_{зм}] = 100$ МПа.

Потрібна довжина шпонки визначається за формулою 3,50:

$$l_0 = \frac{2 \cdot T}{(d \cdot (h - t_1) \cdot [\sigma_{зм}])} = \frac{2 \cdot 61,5 \cdot 10^3}{(24 \cdot (7 - 4) \cdot 100)} = 17,1 \text{ мм.} \quad (3.50)$$

Повна довжина шпонки за формулою 3.51:

$$l = l_0 + b = 17,1 + 8 = 25,1 \text{ мм.} \quad (3.51)$$

За стандартом беремо $l = 25$ мм.

Перевіряємо міцність з'єднання за формулою 3,52:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{(d \cdot l \cdot (h - t_1))} = \frac{2 \cdot 61,5 \cdot 10^3}{(24 \cdot 25 \cdot (7 - 4))} = 68,33 \text{ Мпа} [32]. \quad (3.52)$$

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.6. Розрахунок штифтового з'єднання

Розрахувати штифтове з'єднання на зріз і зминання. Діаметр кріпильного штифта $d = 5\text{мм}$; матеріал – Сталь 45. Умова міцності на зріз:

$$\tau_{\text{зр.}} = \frac{4 \cdot F}{(z \cdot \pi \cdot d_{\text{шт.}}^2)} \leq [\tau]_{\text{зр.}} \quad (3.53)$$

де z – кількість штифтів, які працюють на зріз, $z = 1$;

$d_{\text{шт.}}$ – діаметр штифта, $d_{\text{шт.}} = 5\text{мм.}$;

$[\tau]_{\text{зр.}}$ – допустиме напруження на зріз матеріалу штифта. У машинобудуванні при розрахунку штифтів, болтів та шпонок приймають: $[\tau]_{\text{зр.}} = (0,25 \div 0,35) \cdot \sigma_{\text{Т}}$. Де $\sigma_{\text{Т}}$ – границя текучості матеріалу, $\sigma_{\text{Т}} = 600 \text{ Н/мм}^2$.

$$[\tau]_{\text{зр.}} = (0,25 \div 0,35) \cdot 600 = 150 \dots 210 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.54)$$

Приймаємо середнє значення $[\tau]_{\text{зр.}} = 180 \text{ Н/мм}^2$.

F – поперечна сила, яка діє на штифт, визначається за формулою 3,55:

$$F = z \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{шт.}}^2}{4} \cdot [\tau]_{\text{зр.}} = 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 180 = 3,5 \text{ кН.} \quad (3.55)$$

Тоді умова міцності на зріз за формулою 3,53:

$$\tau_{\text{зр.}} = \frac{4 \cdot 3,5}{(1 \cdot 3,14 \cdot 5^2)} \leq 180 = 180 \leq 180$$

Отже умова стійкості при зрізу виконується[33].

3.3. Конструювання приводу та його елементів

3.3.1. Опис конструкції

Привід верстата призначений для передачі обертання від електродвигуна кулісної шестерні, для включення та вимикання головного та допоміжного руху верстата. Крутний момент передається від валу електродвигуна через клинопасову передачу і фрикційну муфту «4» валу «1», на якому сидить шестерня «5» приводу, що з'єднаний з кулісною шестернею.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Включення фрикціону відбувається одночасно з гальмуванням приводного валу та кулісного механізму. Для повороту приводу вручну є валик з квадратним хвостовиком, який входить у зачеплення з валом «1». Корпус фрикціону «3», на якому нерухомо сидить ведений шків «2», спирається на два кулькові підшипники.

Блокування гальмівної колодки «6» фрикційної муфти «4» здійснюється тягою «7». Регулюють муфту гайками «9». При роботі приводу масло потрапляє на робочі поверхні дисків тертя та гальма, завдяки чому ці поверхні працюють у сприятливих умовах: забезпечується плавність роботи, малий знос. На корпусі фрикціону «3» встановлена шестерня «8», що приводить в дію через іншу шестерню плунжерний насос[4].

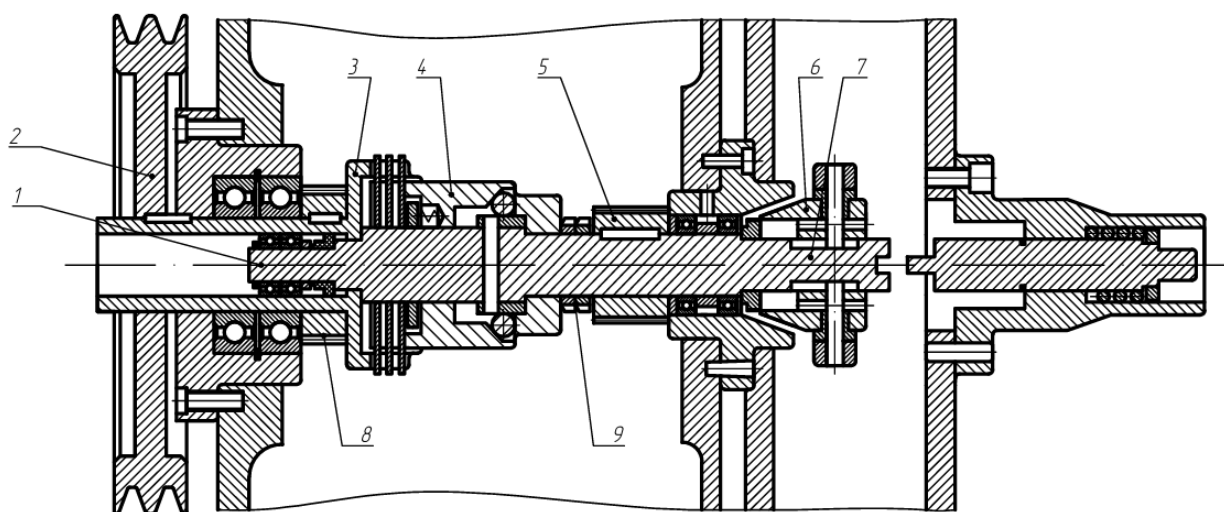


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення приводу куліси

3.3.2. Конструювання елементів приводу

3.3.2.1. Конструювання вала

Згідно з розрахунками, мінімальний діаметр валу під зубчасте колесо куліси приймаємо 24мм. Квалітет точності – h7. Довжину вибираємо конструкційно з урахування всіх інших елементів: муфти, гайків, гальмівного механізму. На торцях та переходах валу робимо фаски 2x45°.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На одному з торців, наявний виріз для з'єднання з іншою частиною валу при необхідності в цьому. Для переміщення гальмівного механізму з двох сторін наявні для пази. Є отвір $\varnothing 5\text{мм}$. під штифт. Довжину валу приймаємо конструктивно 307мм[34].

Оскільки правильність виготовлення цих поверхонь безпосередньо впливає на роботу валу в цілому, а також на функціонування встановлених на ньому зубчастих коліс, для циліндричної поверхні задаємо граничне радіальне биття не більше 0,01мм, відхилення від циліндричності – не більше 0,04 мм. Шорсткість поверхонь, призначених для встановлення підшипників, повинна відповідати $Ra0,8\text{мкм}$.

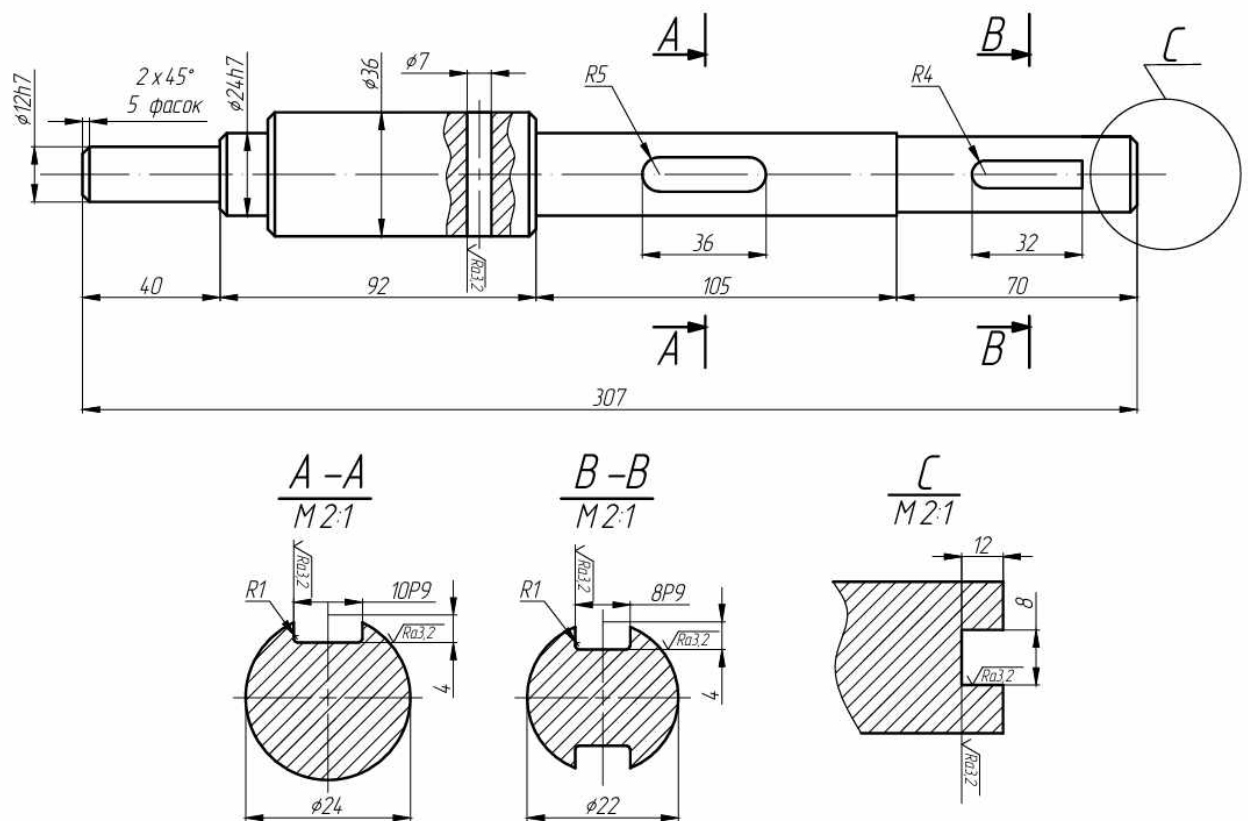


Рисунок 3.5 – Креслення вала

Технічні умови на виготовлення: матеріал вала: конструкційну Сталь 55.

45..45 HRC. Невказані граничні відхилення розмірів – по 14 квалітету. Поля допуску H, h. Не вказані радіуси заокруглення – R1.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2.2. Конструювання веденого шків

Шків призначений для передавання обертального моменту через клинопасову передачу. Конструкція деталі передбачає отвір $\varnothing 45\text{мм}$ з посадкою 16N9 для встановлення на вал. Зовнішній діаметр шків $\varnothing 240\text{мм}$, з урахуванням передатного відношення пасової передачі та необхідної частоти обертання ланки. Наявні вирізи з обох сторін для зменшення ваги та здешевлення виробництва деталі. У місцях з'єднання шків з пасом забезпечено високу точність поверхні $Ra_{6,3-2,5\mu\text{м}}$ [35].

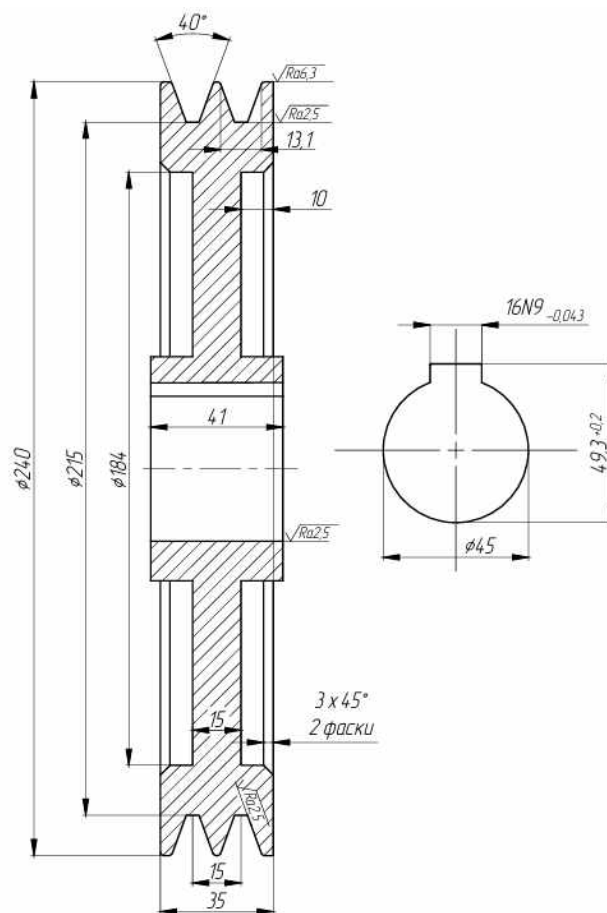


Рисунок 3.6 – Креслення шків

Технічні умови на виготовлення: матеріал СЧ18, матеріало-замінник СЧ20. Невказані граничні відхилення розмірів – по 14 квалітету. Поля допуску Н, h. Не допускаються на робочі поверхні шків раковини та шпаристості. Шків піддати статичному балансуванню. Не вказані ливарні радіуси R1.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2.3. Конструювання зубчастого колеса

Конструкція передбачає зовнішнє зубчасте зачеплення з косозубими зубами. Модуль $m = 2,5$, числом зубів $z = 19$, виготовлених за нормальним вихідним контуром згідно з ДСТУ ГОСТ 13755-68. Отвір під вал $\varnothing 28\text{мм}$ з посадкою 12JS9. Для підвищення точності та плавності роботи, зубчасте колесо виготовляється зі ступенем точності 7–8 згідно ДСТУ ГОСТ 30803:2018. Ділильний діаметр дорівнює $\varnothing 47,5\text{мм}$. Кут нахилу лінії зубців $\beta = 15^\circ 57'$. Напрямок зубів: правий. Зміщення вихідного контура $X = 0$.

Поверхня зубців обробляється з шорсткістю $Ra_{0,8-3,2}\mu\text{м}$. Виконано дві фаски $5 \times 45^\circ$.

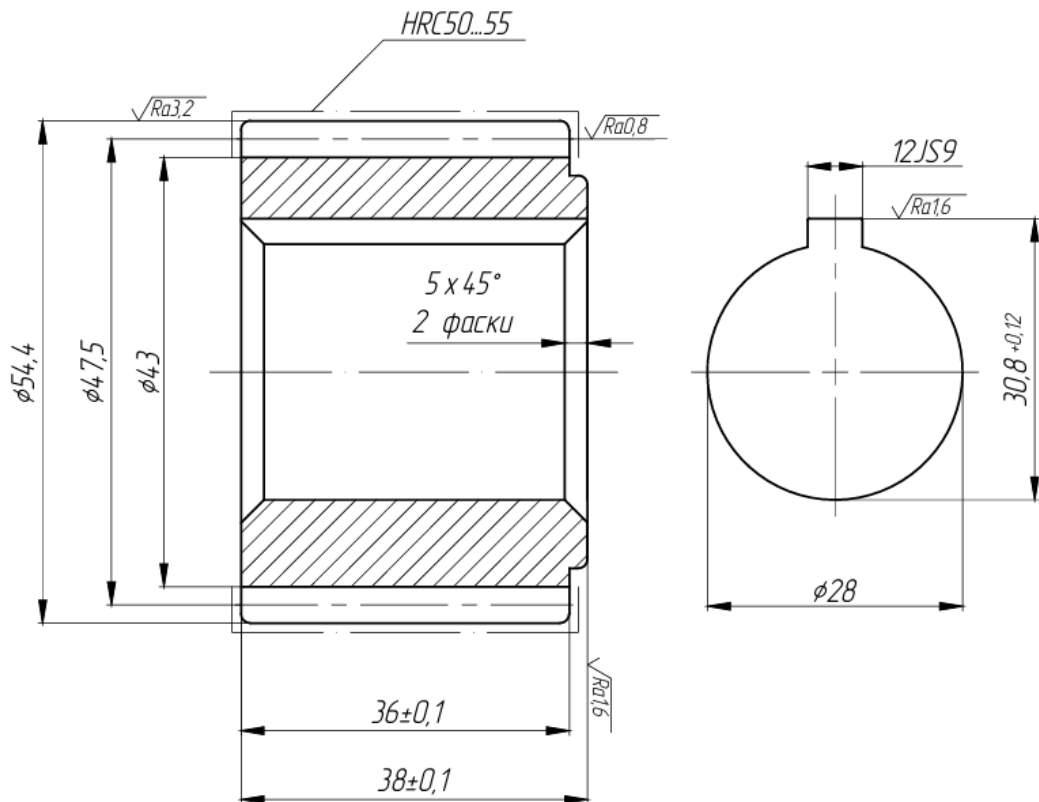


Рисунок 3.7 – Креслення зубчастого колеса

Технічні умови на виготовлення: матеріал Сталь 40Х. Невказані граничні відхилення розмірів – по 14 квалітету. Поля допуску Н, h. Покриття хім.окс.прм.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2.4. Конструювання корпусу

Корпус є нерухомою частиною механізму, і його правильне виготовлення безпосередньо впливає на точність і надійність усього приводу. Конструкція корпусу передбачає отвори з посадками: $\varnothing 36H7$ під пружину; $\varnothing 25H7$, $\varnothing 47H7$ під вал. Додаткові кріпильні отвори $\varnothing 8\text{мм}$, для кріплення болта та штифта. Для забезпечення точного складання, посадкові поверхні обробляються з шорсткістю $Ra_{3,2}$ мкм, необроблені Ra_{25} мкм.

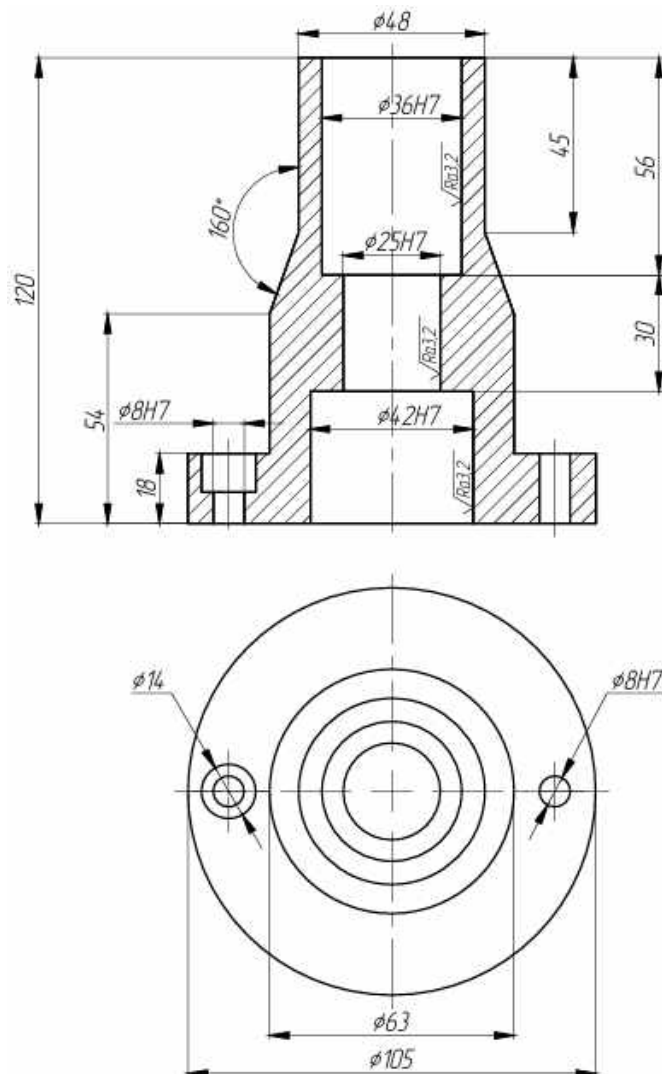


Рисунок 3.8 – Креслення корпусу

Технічні умови на виготовлення: матеріал СЧ18. Невказані граничні відхилення розмірів – по 14 квалітету. Поля допуску H/h . Загальна твердість матеріалу: 130...170 НВ. Не вказані ливарні радіуси $R1$.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. Висновки по розділу

1. Проведено кінематичний розрахунок приводу куліси з підбором двигуна та визначенням передавальних відношень та частот обертання.

2. Розраховано компоненти приводу куліси: пасова передача, зубчаста передача, вал, фрикційної муфти, шпонкові з'єднання та штифти.

Опис приводу, його елементів та технічних вимог для них: вал, шків, зубчасте колесо та корпус

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Гарантія прав працівників на охорону праці.

Права працівника на охорону праці гарантують основні положення Кодексу закону про працю та Закону України «Про охорону праці».

Гарантії прав працівника на охорону праці починаються вже з моменту обговорення та укладання трудової угоди, оскільки згідно зі ст. 5 Закону України «Про охорону праці», умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим НПАОП.

Під час укладання трудового договору роботодавець повинен проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах.

Працівнику заборонено пропонувати роботу, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт із підвищеної небезпеки й тих, що потребують професійного добору, допускають осіб за наявності висновку психофізіологічної експертизи.

Під час приймання працівника на роботу оформлюють обов'язкове страхування його роботодавцем від нещасних випадків і професійних захворювань. Для такого страхування не потрібно згоди або заяви працівника. У разі ушкодження здоров'я чи в разі моральної шкоди, заподіяної працівникові, він має право на відшкодування шкоди.

					КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Іщук Б.В.								
Перевір.		Мариненко С.Ю.								
Реценз.										
Н. Контр.		Кодельник В.Р.						ТНТУ, ФМТ, МВ-41		
Затверд.		Крцупа В.В.								

Умови праці на робочому місці, а також санітарно-побутові умови мають відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не дотримується умов колективного договору із цих питань. У цьому разі працівникові виплачують вихідну допомогу в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Якщо працівник за станом здоров'я не може виконувати роботу, на яку він наймався, його повинні перевести на легшу роботу відповідно до медичного висновку. Медичний висновок ЛКК або МСЕК є обов'язковим для роботодавця. Проте переводити працівника на іншу (легшу) тимчасову чи постійну роботу можна лише за його згодою. У разі переведення працівника на іншу постійну, нижче оплачувану роботу за ним зберігається його попередній заробіток протягом двох тижнів від дня переведення.

На час зупинення експлуатації підприємства або устаткування органом державного нагляду або службою охорони праці за працівником зберігають місце роботи, а час простою оплачують із розрахунку середнього заробітку[36].

4.2. Дія електричного струму на організм людини, види електротравм

Електричний струм, проходячи через тіло людини, зумовлює перетворення поглинутої організмом електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дію.

Термічний вплив електричного струму характеризується нагріванням тканин до появи опіків. Статистика свідчить, що більше половини всіх електротравм становлять опіки. Вони важко піддаються лікуванню, тому що глибоко проникають у тканини організму.

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В електроустановках напругою до 1 кВ. найчастіше спостерігаються опіки контактного виду при дотиканні тіла до струмопровідних частин. При проходженні через тіло людини електричного струму в тканинах виділяється тепло (Дж) в кількості:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (4,1)$$

Де I – струм, який проходить через тіло людини, А;

R – опір тіла людини, Ом;

t – час проходження струму, с.

Опіки можливі при проходженні через тіло людини струму біль ше 1А. Тільки при великому струмі тканини, які уражаються, на гріваються до температури 60–70 °С і вище, при якій згортається білок і з’являються опіки. Майже у всіх випадках включення людини в електричний ланцюг на її тілі та в місцях дотикання спостерігаються «електричні знаки» сіро-жовтого кольору круглої або овальної форми. При опіках від впливу електричної дуги можлива металізація шкіри частками металу дугової плазми. Уражена ділянка шкіри стає твердою, набуває кольору солей металу, які потрапили в шкіру.

Внаслідок дії електричного струму або електричної дуги виникає електротравма. Електротравми умовно поділяють на загальні і місцеві. До місцевих травм належать опіки, електричні знаки, електро-металізація шкіри, механічні пошкодження, а також електрофтальмія (запалення очей внаслідок впливу ультрафіолетових променів електричної дуги).

Загальні електротравми називають також електричними ударами. Вони є най більш небезпечним видом електротравм. При електричних ударах виникає збудження живих тканин, судомне скорочення м’язів, параліч м’язів опорно-рухового апарату, м’язів грудної клітки, м’язів шлуночків серця. У першому випадку судомне скорочення м’язів не дозволяє людині самотійно уникнути дотикання з електроустановкою. При паралічі дихання припиняється газообмін і постачання організму киснем, внаслідок чого настає задуха.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При паралічі серця його функції або припиняються повністю, або деякий час продовжуються в режимі тріпотіння (фібриляції). Фібриляція – це безладдя в скороченні серцевих м'язів. При цьому порушується кровообмін, що також спричиняє смерть.

Розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм):

1. Відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0 –1,5 мА);
2. Невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10–15 мА);
3. Фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості дії струму 2-3 с, параліч дихання (90 –100 мА).

Змінний струм небезпечніший за постійний. При струмі 20 – 25 мА. пальці судомно стискають узятий в руку предмет, який опинився під напругою, а м'язи передпліччя паралізуються і людина не може звільнитися від дії струму. У багатьох паралізуються голосові зв'язки: вони не можуть покликати на допомогу.

Електричний опір людини в основному визначається опором рогового шару шкіри, який можна розглядати як тонкий і недосконалий діелектрик, а м'язи і кров – як провідник. Опір шкіри залежить від площі поверхні і щільності контакту, а також від сили струму і тривалості його дії. Чим вони більші, тим менший опір шкіри (зі збільшенням тривалості протікання струму збільшується нагрівання шкіри, потовиділення, в ній відбуваються електролітичні зміни). Опір шкіри також залежить від прикладеної напруги, оскільки вже при напрузі 10–38В пробивається верхній роговий шар шкіри, вона втрачає властивості діелектрика і стає провідником – через тіло людини проходить струм. При напрузі 127-220В і вище шкіра вже майже не впливає на опір тіла. Суха шкіра має опір приблизно 100кОм. Опір внутрішніх органів, тканин і судин значно менший (приблизно 800 Ом). При розрахунках опір тіла людини приймають за 1 кОм[37].

Має значення шлях струму через тіло і особливо місця входу і виходу струму. Із можливих шляхів проходження струму через тіло людини найбільш небезпечним є той, при якому вражається головний мозок (голова - руки, голова - ноги), серце і легені (руки - ноги).

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але відомі випадки смертельних уражень електричним струмом, коли струм зовсім не проходив через серце, легені, а йшов, наприклад, через палець або через дві точки на гомілці. Це пояснюється існуванням на тілі людини особливо уразливих точок, які використовують при лікуванні голкотерапією. Вплив електричного струму на організм людини залежить і від фізичного і психічного стану людини. Нездоров'я, втома, голод, сп'яніння та емоційне збудження призводять до зниження опору. Несприятливий мікроклімат (підвищена температура, вологість, струмопровідний пил) збільшують небезпеки ураження струмом, тому що волога (піт), пил знижують опір шкіри. При ураженні електричним струмом насамперед необхідно надати потерпілому першу долікарську допомогу[38].

4.3. Хімічні й біологічні фактори небезпек

Залежно від практичного застосування шкідливі хімічні речовини можна розділити на:

- промислові отрути, що використовуються у виробництві (органічні розчинники, барвники);
- отрутохімікати, що застосовуються в сільському господарстві для боротьби з бур'янами, гризунами, комахами;
- лікарські препарати;
- побутові хімічні речовини, що вживаються як харчові добавки, засобів санітарії, особистої гігієни, косметичних засобів;
- біологічні отрути: рослинного і тваринного походження;
- отруйні речовини: зарин, іприт, фосген і ін.

Дія шкідливих речовин на організм людини залежить від кількості речовини, токсичності, тривалості надходження і механізму взаємодії.

Токсичність – це ступінь фізіологічної активності з речовини.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гострі отруєння характеризуються короткочасною дією великої кількості шкідливих речовин і яскравим проявом через невеликий проміжок часу.

Хронічні отруєння виникають при тривалій дії невеликої кількості шкідливих речовин.

Залежно від характеру дії на організм людини хімічні шкідливі речовини діляться на:

- загальнотоксичні речовини – це речовини, що викликають отруєння всього організму людини або впливають на його окремі системи. Вони можуть викликати патологічні зміни деяких органів (нирок, печінки). До цих речовин належать: чадний газ, селітра, концентровані розчини кислот або лугів і т.п.
- Дратівні речовини викликають роздратування слизових оболонок, дихальних шляхів, очей, легенів, шкіри (хлор, фтор азотовмісні з'єднання).
- Мутагенні речовини приводять до порушення генетичного коду – зміні спадкоємної інформації (свинець, радіоактивні речовини й т.п.).
- Канцерогенні речовини - викликають злоякісні пухлини (ароматичні вуглеводні, циклічні аміни, азбест, нікель, хром і т.п.).
- Речовини задушливої дії приводять до токсичного набряку легенів (оксид азоту, отруйні речовини). Прикладом речовин, які впливають на репродуктивну функцію, можуть бути радіоізотопи, ртуть, свинець і т.п.
- Сенсibiliзатори - речовини, що діють як алергени. Це різні розчинники, формалін, лаки на основі нітросполук і т.п.

Залежно від того на якій ділянці метаболізму відбувається втручання шкідливої речовини залежить і ступінь поразки організму. Найбільш токсичними є хімічні сполучення, що впливають на найважливіші ферментні системи, що є причиною гальмування або припинення цілого ряду життєво важливих функцій організму. Більшість шкідливих речовин, у вигляді газів, пар, аерозолів, попадає в організм людини через органи дихання.

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аерозолі викликають загально-токсичну дію в результаті проникнення часток (до 5 мкм) у глибокі дихальні шляхи, альвеоли, частково або повністю розчиняючись у лімфі й, надходячи в кров, викликають інтоксикацію.

Через шлунково-кишковий тракт отруйні речовини попадають, найчастіше, внаслідок недотримання правил особистої гігієни. Ці речовини відразу попадають у кров з ротової порожнини. До них ставляться жиророзчинні з'єднання, феноли, ціаніди.

Шкідливі речовини можуть попадати в організм людини і через шкіру, розчиняючись у шкірному жирі й потових залозах. До них належать легкорозчинні у воді та жирах вуглеводні, ароматичні аміни, бензол, анілін.

Характеристика хімічно небезпечних речовин (ХНР) – це токсичні хімічні сполуки, що приводять до ураження всіх живих організмів і забрудненню місцевості. Ступінь ураження ХНР залежить від їхньої токсичності, вибіркової дії, тривалості, а також від їхніх фізико-хімічних властивостей.

По синдрому переважної дії ХНР розділяються на:

- нервово-паралітичної дії, породжують бронхоспазми, ядуху, параліч;
- загальнотоксичної дії – викликають набряк, кому, параліч, судороги, прискорене серцебиття;
- подразнюючої дії - приводять до подразнення слизоватих оболонок носа, ротової порожнини;
- шкіро-резорбтиної дії – викликають місцеві запалення і некротичні зміни.

По вибіркової дії ХНР розділяють на:

- серцево – кардіо-токсичної дії: ліки, рослинні отрути, солі барію, калію, кобальту, кадмію;
- нервові – порушення функцій нервової системи (чадний газ, аміак, вуглеводні, фосфорорганічні з'єднання, алкоголь, наркотичні засоби, снотворні ліки й ін.);
- печіночні – хлор-вуглеводні, альдегіди, феноли, фосфор та ін.; ниркові – з'єднання важких металів, щавлева кислота та ін.;

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кров'яні - похідні аніліну, нітриту; легеневі - оксиди азоту, озон, фосген.

По тривалості дії отруйні речовини можна розділити на три групи:

- летальні, що приводять до смерті (в 5 % випадків): термін дії до 10 діб;
- тимчасові, що приводять до нудоти, блювоти, набряку легенів, болю в грудях: термін дії від 2 до 5 діб;
- короточасні тривалість кілька годин. Приводять до роздратування в носі, ротовій порожнині, головного болю, ядусі, загальній слабості, зниженню температури.

Біологічні фактори небезпеки

До них належать бактерії, віруси, грибки і т.п. Характерними властивостями цих речовин є:

- висока ефективність зараження людей;
- здатність викликати захворювання в результаті контакту здорової людини із хворим або з певними зараженими предметами;
- наявність певного інкубаційного періоду;
- труднощі з визначенням окремих видів збудників;
- здатність проникати в приміщення і інженерні споруди.

В організм людини збудники інфекцій можуть попадати наступними шляхами: через верхні дихальні шляхи (з повітрям); через шлунково-кишковий тракт (повітряно-крапельним шляхом); через кров (в основному передаються кровоносними паразитами); через шкіру; через слизуваті оболонки[39].

					КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу деталі на її технологічність, матеріалу, технічних умов на виготовлення, розроблено проектний технологічний процес.
2. Здійснено обґрунтування вибору заготовки на основі розрахунків, встановлено тип заготовки – штамповка на ГKM.
3. Розроблено маршрутну та операційну технологію на деталь «Півмуфта». Проведено вибір верстатно-інструментального забезпечення, яке вибрано відповідно до типу виробництва.
4. Вибрано структуру приводу куліси довбального верстата, що складається з пасової передачі та зубчастої передачі. Проведено їхні кінематичні та силові розрахунки.
5. Здійснено конструювання приводу куліси: розроблене складальне креслення та конструкції окремих деталей – вал, шків, зубчасте колесо, корпус.

					КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Іщук Б.В.			Загальні висновки			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Крцпа В.В.								
Реценз.										
Н. Контр.		Кодельник В.Р.								
Затверд.		Крцпа В.В.						ТНТУ, ФМТ, МВ-41		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра: структура, вимоги до виконання та захист. Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти / уклад.: Р. А. Складаров, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, Р. Я. Лещук, А. А. Сенік, В. В. Шанайда, А. В. Гагалюк, В. М. Буховець. – Тернопіль : ТНТУ, 2025. 78 с.

2. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / П. Д. Кривий та ін. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. 2020. №3 (47). С. 199--206.

3. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55.
URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.

4. Верстат довбальний 7A412. Паспорт. – Без місця видання: без видавця, 1985. – 70 с.

5. URL:<https://www.lathes.co.uk/pratt-whitney-1928-catalog/page16.html>(дата звернення: 10.06.2025).

6. URL:<https://www.pli-international.com/produit/cnc-gear-shaping-machine-lorenz-ls200/>(дата звернення: 10.06.2025).

7. URL:<https://www.emag.com/products-services/machines/turning-machines/customized-vlc/vlc-200/> (дата звернення: 10.06.2025).

					<i>КРБ 21-032.00.00.00 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаної літератури</i>		
Розроб.		Іщук Б.В.					
Перевір.		Крупа В.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кобельник В.Р.					
Затверд.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>ТНТУ, ФМТ, МВ-41</i>		

8. URL:<https://www.tornos.com/en/content/swissdeco> (дата звернення: 10.06.2025)

9. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

10. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.

11. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль: Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

12. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

13. Гагалюк А.В., Паливода Ю.Є. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування: навчальний посібник Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.

14. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-40/>(дата звернення: 20.05.25)

15. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с. Кушак. – Тернопіль, 2001. – 280 с.

16. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.

17. Кухарський О.М. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування» / О.М. Кухарський, І.В. Кушак. – Тернопіль, 2001. – 280 с.

18. Кривий П. Д. , Крупа В. В. Конструкторсько-технологічні параметри багаторізцевих розточних головок з радіусними вершинами різців. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2011. Вип. 33 С. 92-99.

19. Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлев //

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 145–155.

20. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.

21. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.

22. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>

23. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.

24. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol.111, no.3. P.67–75. URL:https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067

25. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

26. URL: <https://abplanalp.ua/ru/stanok-gorizontalno-tokarnyj-haas-st-15> (дата звернення: 21.05.25)

27. URL: <https://abplanalp.ua/verstat-frezernij-vertikalno-frezernij-haas-vf-1>(дата звернення: 21.05.25)

28. Каталог TAEGUTEC: Токарна обробка. TAEGUTEC, 2017. – 352с.

29. Каталог TAEGUTEC: Обробка отворів. TAEGUTEC, 2017. – 246с.

30. Каталог TAEGUTEC: Фрезерний інструмент. TAEGUTEC, 2017. – 392с

31. Harmonic-dispersion analysis of the shape accuracy of the rolling bushings of drive roller and bushing chains. Senyk A., Kovalov V., Klymenko G., Vasylchenko Y., Shapovalov M., Kobelnyk O. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 502-507.

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195807313&origin=resultslist&sort=plff&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sd t=a&sl=67&s=AFID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=12&citeCnt=0&searchTerm=>

32. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2025).

33. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. Theoretical and applied problems, november 22–24, 2023, : Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, 22–24 November 2023. 2023. P. 165–182.

34. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195796663&origin=resultslist&sort=plff&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sd t=a&sl=67&s=AFID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=21&citeCnt=0&searchTerm=>

35. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / P. Kryvyi et al. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2019. Vol. 96, no. 4. P. 57–69. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.04.057

37. Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces / P. D. Kryvyi et al. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946> (date of access: 22.05.2025).

38. Технологія обробки на верстатах з ЧПК : навч. посіб. / Б. М. Гевко та ін. м. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.

39. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.

40. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Склярів, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.

41. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В. Р, Крупа В. В., Тимошенко Н. М. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.

42. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин / В. Т. Павлице. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.

43. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навч. посіб. до виконання розрахунковографічних робіт і самостійної роботи /Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

44. Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнєцова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

45. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.

46. Безпека життєдіяльності та цивільний захист [Електронний ресурс]: додатки до підручника / О. Г. Левченко, О. В. Землянська, Н. А. Праховнік, В. В. Зацарний ; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Друге вид., випр. та допов. – Електронні текстові дані (1 Файл: 4,56 Мбайт). – Київ : Каравела, 2021. – 412 с. – Назва з екрана.

47. Кобилянський, О. В. (2008). Проблеми підвищення безпеки праці на підприємствах. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 5, 117-123.

48. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник . Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

49. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня «бакалавр» усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі: Гурик О. Я., Окіпний І. Б., Сенчишин В. С., Мариненко С. Ю., Король О. І. - Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.

					<i>КРБ 21-032.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		