

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Факультет інженерії  
Кафедра машинобудування та прикладної механіки**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломної роботи

Бакалавр

*(освітньо-кваліфікаційний рівень)*

**на тему:** Проектування та технологічний процес обробки валу привода  
токарного верстата

**Студента** IV курсу групи ГМ-17Да  
**напряму підготовки:** 133 Галузеве машинобудування

Суржка В.В.

*(прізвище та ініціали)*

*(підпис)*

**Керівник роботи**

к.т.н. Логунов О.М.

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

*(підпис)*

**Завідувач кафедри**

проф., д.т.н. Соколов В.І.

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

*(підпис)*

Сєвєродонецьк – 2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**д.т.н., проф. Соколов В.І.**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема роботи **«Проектування та технологічний процес обробки валу привода токарного верстата»**

керівник роботи **Логонов О.М., к.т.н.**

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

затвержені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року \_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані роботи **Діаметри деталі  $d_{d1}$ ,  $d_{d2}$ , мм. Довжина деталі  $l_d$ , мм.**

Матеріал деталі. Маса деталі  $M_d$ , кг.

Програма випуску деталей на рік,  $N$ , штук/рік.

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

Реферат. Вступ. Опис технологічного обладнання. Розробка технологічного процесу деталі «Вал». Проектно-конструкторський розрахунок деталей технологічного обладнання. Висновки. Список використаної літератури.

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

1. Робоче креслення деталі «Вал». 2. Маршрутний технологічний процес. 3. Операційна карта технологічного процесу. 4. Робоче креслення заготовки. 5. Вал коробки швидкостей.

6. Загальний вид верстату.

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «    » 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Згідно з календарним планом – графіком, затвердженим кафедрою машинобудування та прикладної механіки, що до виконання бакалаврських робіт		

Студент

.....  
(підпис)

Суржок В.В.

.....  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

.....  
(підпис)

Логунів О.М.

.....  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проекту містить:  
сторінок , таблиць , рисунків .

У бакалаврській роботі виконана тема: «Проектування та технологічний процес обробки валу привода токарного верстата».

В даній бакалаврській роботі представлено верстат СТД-20М – настільний верстат СТД-120М призначений для виконання легких токарних робіт по дереву в центрах, на планшайбі або в патроні, а також для виконання нескладних свердлильних робіт. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки 190 мм.

Токарний верстат СТД-120М розроблявся і створювався для використання на шкільних уроках праці в навчальних майстернях міжшкільних учкомбінатов. У його паспорті прямо зазначено, що він призначений для навчання учнів середніх шкіл основам токарної обробки виробів з деревини м'яких порід з нормальною вологістю.

Оскільки СТД-120М призначався для використання неповнолітніми, в його документації дуже детально розписані вказівки з охорони праці та безпеки при виконанні токарних робіт.

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал». Обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення, визначено тип виробництва. Розроблено маршрутний технологічний процес обробки деталі, виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом;

					ГМ17Да.024.000.000.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РЕФЕРАТ</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Розроб.</i>		Суржок В.В.					1	2
<i>Перев.</i>		Логунов О.М.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Соколов В.І.				СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		

Виконано проектно-конструкторський розрахунок. Проведений розрахунок деталі «Вал»

Пояснювальна записка містить такі розділи:

- реферат;
- зміст;
- вступ;
- загальний опис токарних верстатів, опис даного верстату;
- проектно-конструкторський розрахунок;
- розробка технологічного процесу;
- висновки
- рекомендовану літературу

Ключові слова: токарний верстат, вал, різблення, обробка, коробка швидкостей, кінематична схема, електрична схема.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	10
1. Загальна характеристика токарного верстату моделі std120м	10
1.1.1. Історична довідка	11
1.1.2. Характеристики верстату	10
1.1.3. Комплектація	13
1.1.4. Передня бабка агрегату	16
1.1.5. Задній елемент	18
1.1.6. Основні і знімні пристосування	21
1.1.7. Електрообладнання	25
2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	29
2.1. Загальні характеристики та вимоги до деталей типу «Вал»	29
2.2. Характеристика ведучого валу привода головного руху верстату	35
2.3. Розрахунок силового параметру приводу	36
2.4. Матеріал деталі	36
2.5. Розрахунок розмірних параметрів валу	37
2.5.1. Визначення розмірів першої ступені валу	37
2.5.2. Розрахунок ширини шківу	38
2.5.3. Визначення діаметру другої ступені валу	40
2.5.4. Вибір підшипників.	41
2.5.5. Визначення розмірів другої ступені валу	41
2.5.6. Визначення розмірів третьої ступені валу	41
2.5.7. Визначення розмірів четвертої ступені валу	42
2.6. Зведені розміри ступенів валу	43

					<b>ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Суржок В.В.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>		Логунов				1	2
<i>Реценз.</i>					<b>ЗМІСТ</b>		
<i>Н. Контр.</i>					СНУ ім. В.Даля		
<i>Утверд.</i>		Соколов В.И			кафедра МПМ		

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	45
3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення	45
3.2. Визначення типу виробництва	47
3.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання	47
3.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів	49
3.4.1. Розрахунок припуску на діаметральний розмір	49
3.4.2. Розрахунок припусків на лінійний розмір	55
3.5. Розробка та аналіз маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі	58
3.6. Розрахунок режимів різання	62
3.7. Розрахунок точності операції	66
ВИСНОВКИ	70
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	71

## ВСТУП

Метою технологічної частини бакалаврської роботи є розробка та проектування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення. Вони забезпечують продуктивність праці, якість продукції, зниження її собівартості й матеріалоємності, а також поліпшення умов праці; вирішення комплексу взаємозалежних технологічних, конструкторських, організаційно-економічних питань.

Розробка технологічного процесу виконується на прикладі деталі «Вал», службовим призначенням якої є передача крутного моменту, базування і координації положення зубчастих коліс. В бакалаврській роботі пропонується виконати наступні етапи розробки технологічного процесу механічної обробки:

- визначення типу виробництва;
- вибір типу заготовки, методу її отримання та розрахунок основних розмірів заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі;
- розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом;
- розрахунок точності операцій.

Значну увагу приділено визначенню правильної товщини припусків на обробку, що є відповідальною техніко-економічною задачею.

При використуванні занадто великих припусків відбувається зайва втрата матеріалу, що перетворюється в стружку; до збільшення пружної деформації технологічної системи верстат – пристосування – інструмент – заготовка внаслідок збільшення сили різання, а значить й к зменшенню точності обробки;

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Суржок В.				<b>ВСТУП</b>	Лит.	Лист	Листов
Перев.	Логунов О.М.						1	2
Реценз.						СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.						кафедра МПМ		
Утверд.	Соколов В.И.							



к збільшенню трудомісткості механічної обробки, збільшується затрачений час на виготовлення деталі.

Призначення недостатньо великих припусків навпаки не забезпечує видалення дефектних шарів матеріалу та досягнення необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь. Також це потребує підвищення вимог до точності заготовок, що призводить до їх удорожчання, ускладнює розмітку та перевірку положення заготовок на верстатах та підвищує небезпеку появи браку, та потребі у більш кваліфікованих робітниках для запобігання чи усунення браку.

Досягнення заданої точності та якості поверхні деталі є основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі. Від якості поверхневого шару деталі залежать її експлуатаційні характеристики. Це безумовно впливає і на майбутнє всіх інших деталей задіяних в один механізм з нею, та правильність функціонування того органу і всього механізму в цілому.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Загальна характеристика токарного верстату моделі СТД120М

### 1.1.1. Історична довідка



Рис. 1. Зовнішній вигляд токарного верстату СТД-20М

Токарний верстат СТД-20М по дереву є останньою модифікацією лінійки навчального токарного обладнання, що випускалося в радянські часи

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА</b>					
Розроб.	Суржок В.В.							Лит.	Лист	Листов
Перев.	Логунов								1	11
Реценз.								СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.								кафедра МПМ		
Утверд.	Соколов В.И.									

кіровським підприємством «завод №2 «фізприлад» ім. А.в. Луначарського», підпорядкованого міністерству освіти РСФСР.

Від першого верстата цього сімейства ТСД-120 він відрізняється відсутністю довбального пристосування, яке розташовувалося на лівому торці передньої бабки, а від свого прямого попередника СТД-120 — конструкцією опори приводного шківів. Кіровські навчальні токарні верстати практично в незмінному вигляді випускаються вже більше п'ятдесяти років, але тепер вже не заводом «фізприлад», який збанкрутував і був ліквідований в 2012 році, а приватним тов, що продовжує їх виробництво на заводських потужностях.

### 1.1.2. Характеристики верстату

СТД-120М — це малогабаритна модель, призначена для токарної обробки невеликих дерев'яних деталей з наступними технічними характеристиками:

- висота міжцентрової осі — 120 мм;
- міжцентрова відстань—500 мм;
- розміри зони обробки (довжина × макс. Діаметр, мм) — 450 × 190;
- габарити (д×ш×в) — 125 × 5 × 55 см;
- маса без підставки — 100 кг.

На СТД-120М застосовується двигун потужністю 400 Вт, який розвиває швидкість до 2300 об/хв.

Технічні характеристики верстата СТД-120М настільний верстат СТД-120М призначений для виконання легких токарних робіт по дереву в центрах, на планшайбі або в патроні, а також для виконання нескладних свердлильних робіт. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки 190 мм. Найбільша довжина точіння

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

500 мм. Шпиндель має дві швидкості обертання: 980 про/хв і 2350 об/хв напруга живлення трифазне 380 в. Висота центрів над рівнем станини 120мм. Відстань між центрами 500 мм. Потужність ел / двигуна 0,4 квт габаритні розміри верстата: — довжина 1250 мм-ширина 575 мм-висота 550 мм маса верстата -100 кг.

Токарний верстат СТД-120М розроблявся і створювався для використання на шкільних уроках праці в навчальних майстернях міжшкільних учкомбинатов. У його паспорті прямо зазначено, що він призначений для навчання учнів середніх шкіл основам токарної обробки виробів з деревини м'яких порід з нормальною вологістю.

Оскільки СТД-120М призначався для використання неповнолітніми, в його документації дуже детально розписані вказівки з охорони праці та безпеки при виконанні токарних робіт.

Конструкція СТД-120М дуже проста, тому в його паспорті вказівки з експлуатації та технічного обслуговування не займають багато місця. Здебільшого вони відносяться до дотримання правил виконання токарних роботи і змісту в порядку обладнання та робочого простору, а також мастил нечисленних обертових елементів. Один раз на рік або через п'ятсот годин роботи необхідно проводити заміну мастила підшипників шпиндельного вузла. Піноль один раз в шість місяців змащується машинним маслом і як мінімум один раз на рік — солідолом. При виникненні биття або вібрації слід перевірити і при необхідності відрегулювати осьовий люфт шпинделя.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

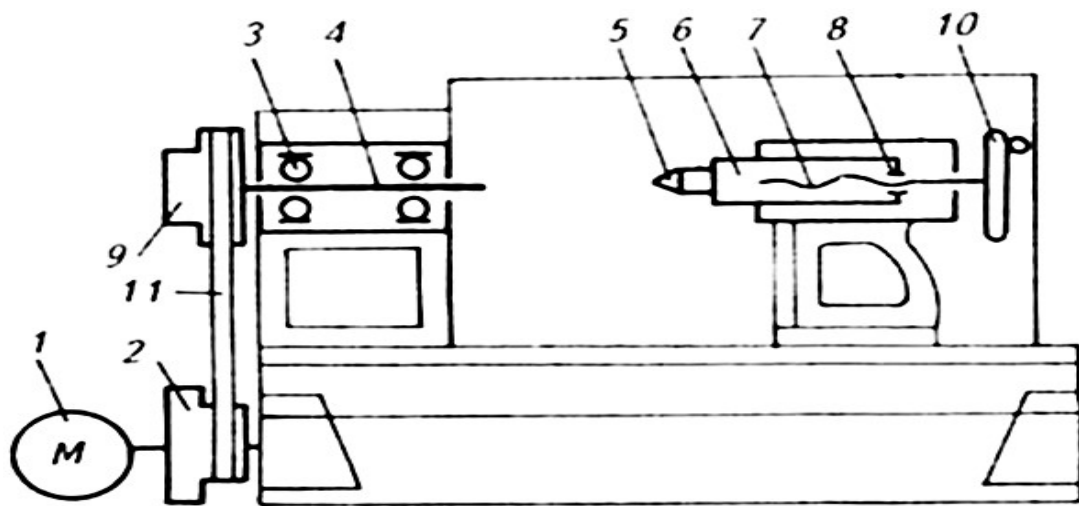


Рис. 2. Кінематична схема токарного верстату СТД-120М

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

### 1.1.3. Комплектація

Токарний верстат СТД-120М має традиційну компоновку і включає наступні вузли і механізми:

- передня і задня бабки;
- підручник;
- електродвигун з натяжним пристроєм;
- шафа електрообладнання;
- світильник;
- захист робочої зони.

На СТД — 120м передбачено кріплення патрубку повітряної системи видалення деревного пилу і стружок, яку користувачі повинні купувати окремо. Станина лита, чавунна є основою, на якій монтуються основні вузли верстата, і встановлюється на двох ніжках. Зліва на станині закріплена передня бабка. По напрямних станини пересуваються і закріплюються в певному положенні тримач з підручником і задня бабка. Передня бабка служить для установки і кріплення заготовки і передачі їй обертального руху, а також служить опорою для шпинделя. Шпиндель являє собою сталевий фасонний вал, на правому кінці якого нарізана різьба для навертання патрона, планшайби та інших спеціальних пристосувань для закріплення заготовок. На лівому кінці шпинделя насаджений двоступеневий приводний шків, який отримує рух через клиноремінну передачу від електродвигуна. Для пуску і зупинки верстата на передній бабці розміщений кнопковий пост управління.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

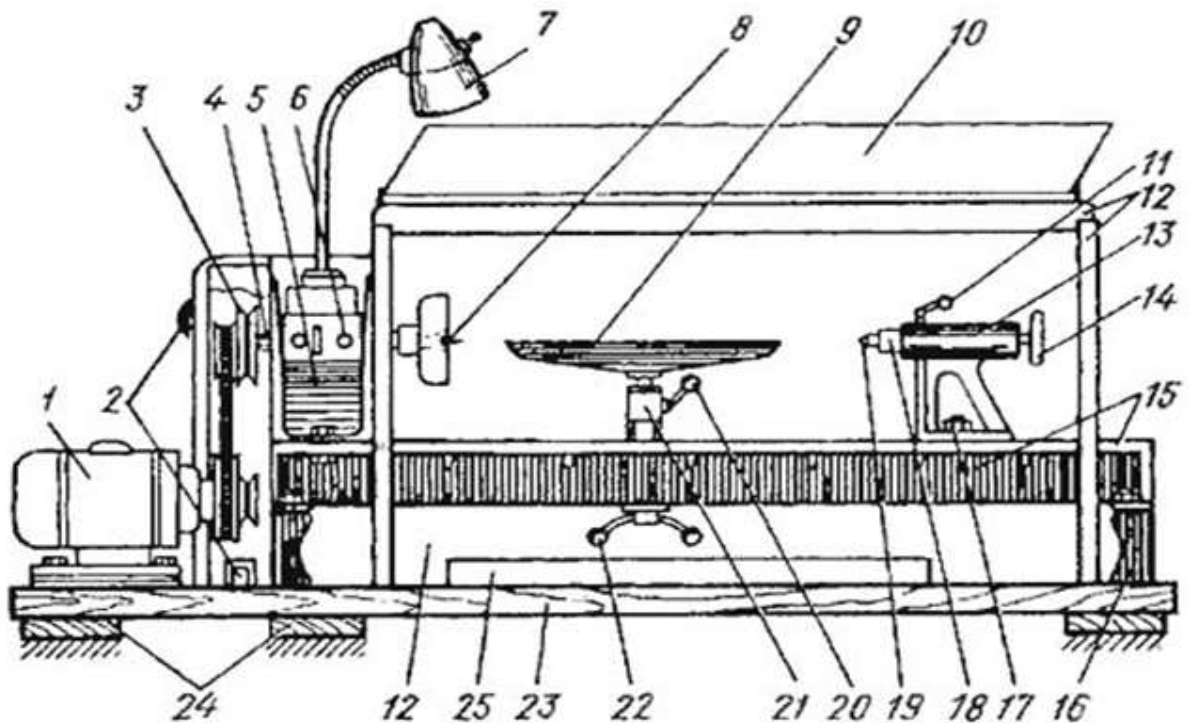


Рис. 3. Схема розташування основних вузлів токарного верстату СТД-120М.

1. – електродвигун; 2 - кнопковий вимикач; 3- клиноремінна передача; 4-шпиндель; 5-передня бабка; 6-кнопковий блок; 7-світильник; 8-корпус з центром-виделкою; 9- подручник; 10-захисний екран; 11-рукоятка затиску; 12-огороження верстата; 13- задня бабка; 14-маховик; 15-станина з направляючими; 16-опорна лапа; 17- закріплювальна гайка; 18-піноль; 19-центр; 20-рукоятка стопора; 21-утримівач (каретка); 22-двухрожкова гайка; 23-дерев'яна платформа; 24-опорні бруски; 25- щілина для видалення відходів.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

4

### 1.1.4. Передня бабка агрегату

Передня бабка СТД-120М складається з двох основних компонентів: чавунного корпусу і виконаного у формі фасонного валу шпинделя, який обертається на двох радіальних підшипниках. На лівому кінці шпинделя кріпиться приводний шків, а на правому — різні пристосування для затиску заготовки під час її обробки. Його головна конструктивна відмінність від попередніх моделей полягає в тому, що шків розташований зовні корпусу бабки, не між опор.

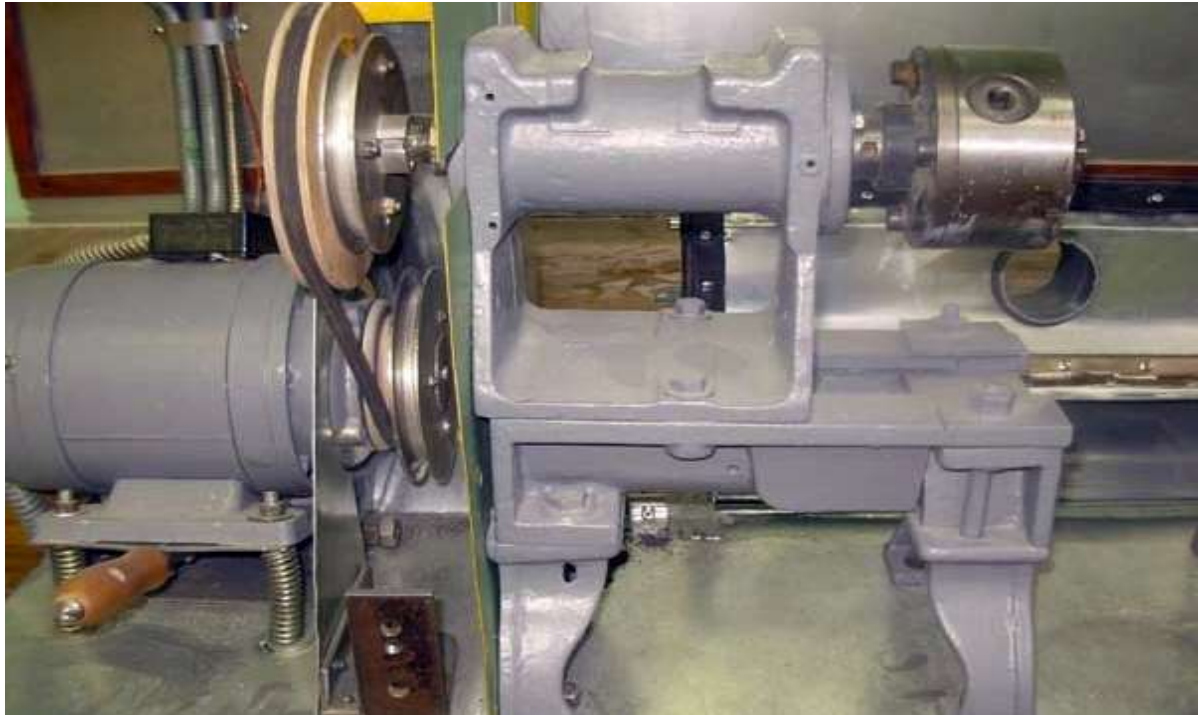


Рис. 4. Зовнішній вигляд передньої бабки

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

16



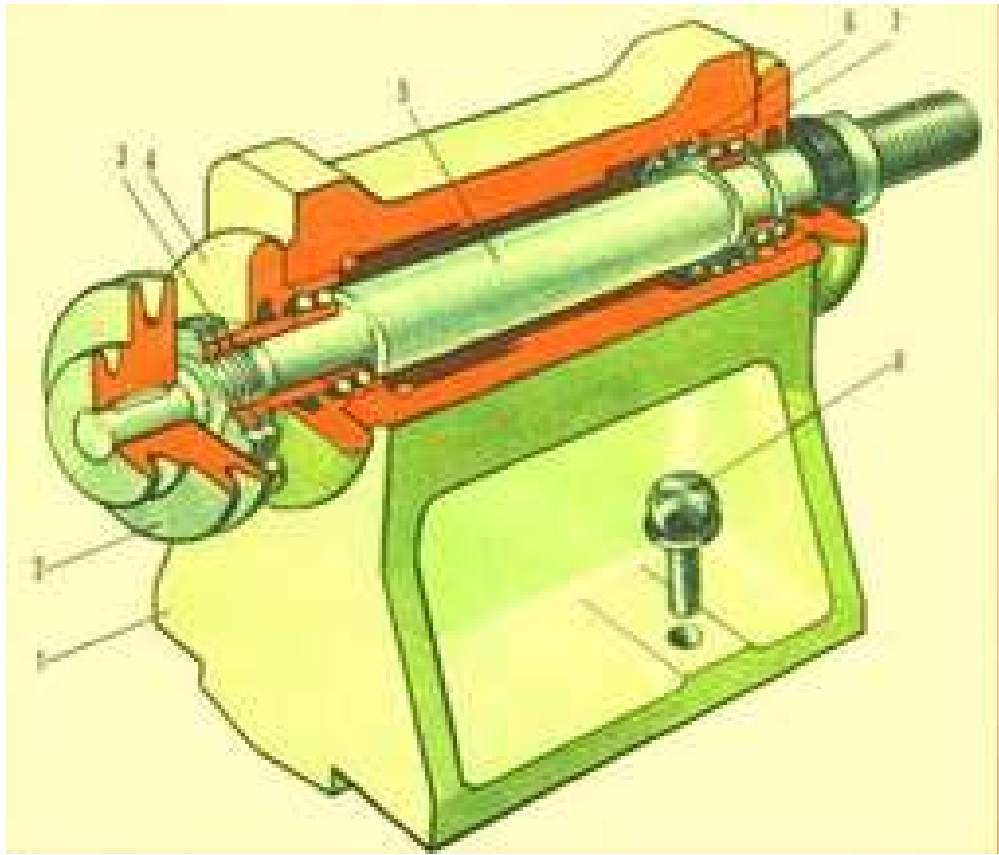


Рис. 5. Схема передньої бабки. 1 — корпус, 2 — двоступеневий шків ремінної передачі, 3 — шліцьові гайки, 4 — кришка корпусу, 5 — вал шпинделя, 6 — напольгливі кільця, 7-підшипники кулькові, 8-болт кріплення.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

### 1.1.5. Задній елемент

До складу задньої бабки токарного верстата СТД-120М входять: корпус, піноль, механізм її подачі і фіксуючі пристрої. Вона встановлена на правому кінці напрямних, може пересуватися по ним вручну і кріпитися в потрібному місці за допомогою болта. Піноль висувається вперед за допомогою обертання маховичка, розташованого на її задній частині, і фіксуються в необхідній позиції за допомогою затискного важеля.



Рис. 6. Зовнішній вигляд задньої бабки

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

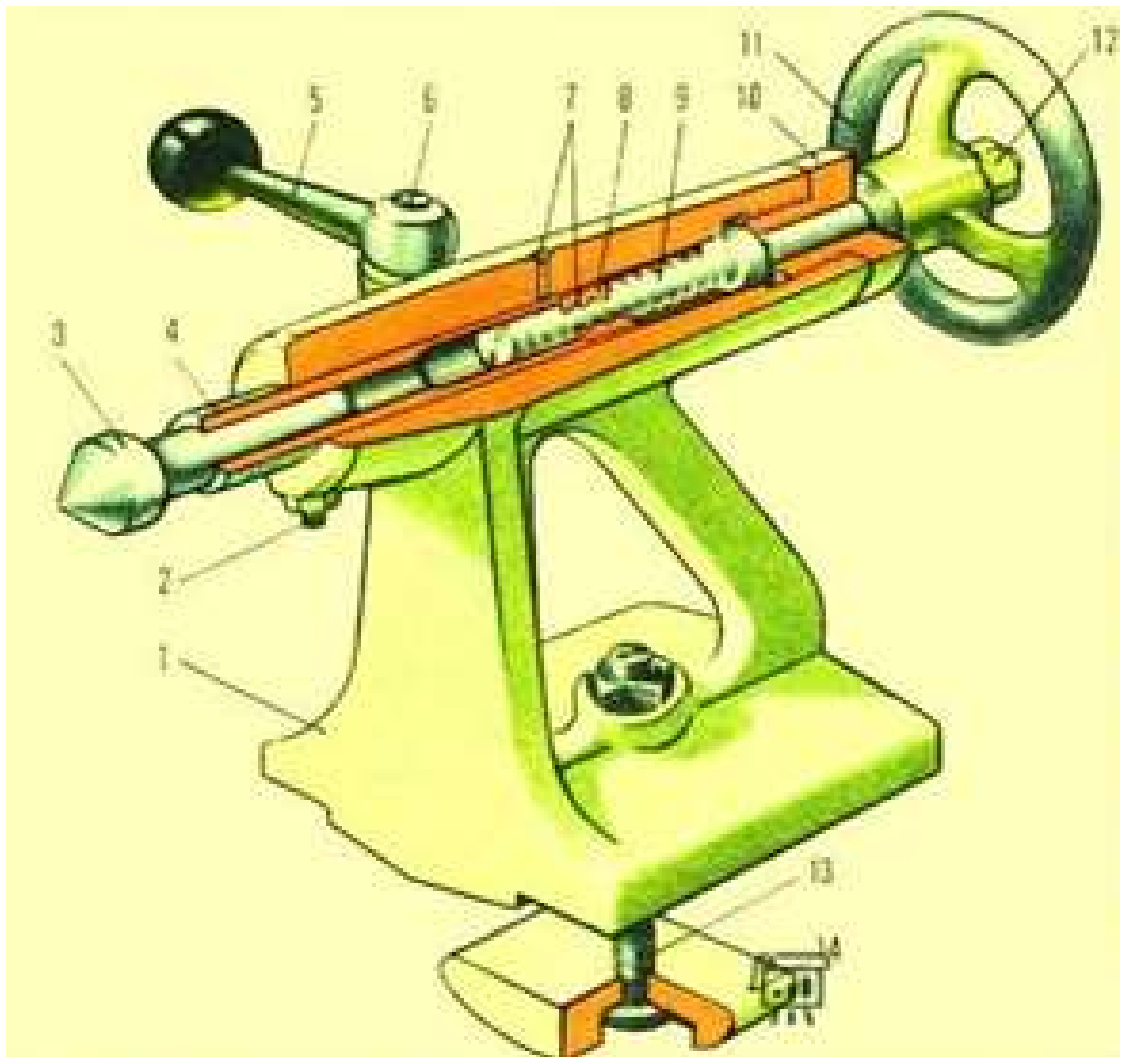


Рис. 7. Схема задньої бабки.

Задня бабка ковзає по напрямних станини, служить опорою при обробці довгих заготовок, підтримуючи їх заднім центром. З одного боку піноль (4) має отвір, розточене на конус морзе, в яке вставляється задній центр (3), патрони або свердла, що мають хвостовик з тим же конусом. З іншого боку запресована втулка з внутрішнім різьбленням (8). Піноль вільно переміщається в отворі верхньої частини корпусу. Від обертання навколо своєї осі піноль оберігає установчий гвинт (2), який входить в паз на зовнішній поверхні пінолі. З різьбовою втулкою спарений гвинт пінолі (9), на одному кінці якого на шпонці насаджений маховик (11), закріплений гайкою (12). Обертаючись разом з маховиком, гвинт пінолі через

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

різьбову втулку переміщує піноль. Закріплення пінолі в потрібному положенні здійснюється рукояткою затиску (5). Задня бабка закріплюється гайкою на станині з притиском і болтом. конус морзе задня бабка верстата стд корпус, 2-установчий гвинт, 3 — центр, 4 — піноль, 5 — рукоятка затиску пінолі, 6 — затиск, 7 — маслопровідні отвори, 8 — різьбова втулка, 9 — гвинт, 10 — напологлива втулка, 11 — маховик, 12 — гайка, 13 — болт з гайкою, 14-притиск.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

### 1.1.6. Основні і знімні пристосування

У стандартну поставку токарного верстата по дереву СТД-120М входять тільки основні пристосування, використовувані при обробці найпоширеніших заготовок: два підручника (малий і великий), центр задній, планшайба, корпус з трьохзубою виделкою і патрон. Решта видів пристосувань і оснащення можна придбати в профільних підприємствах, які торгують токарними приладдям. До них відносяться різні види токарних патронів (самоцентруються, чашкові, зубчасті, тискові), а також корпусів і центрів.

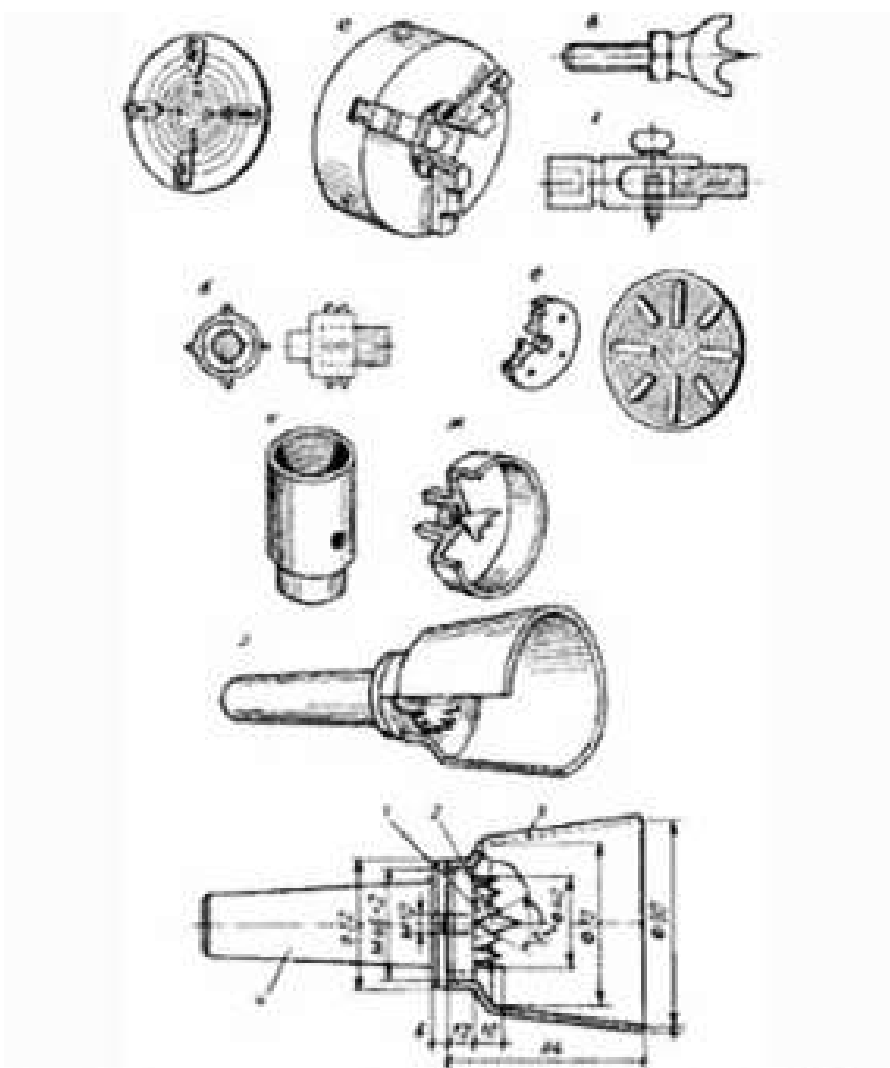


Рис. 8. Пристосування для закріплення і обробки заготовок на токарному верстаті СТД120М

- а - спіральний самоцентруючий патрон
- б - чашковий патрон
- в - тризуб
- г - тисочний патрон
- д - планшайба
- е - циліндричний патрон
- ж - корпус з центром - виделкою
- з-спеціальний патрон з зубцями

1 - зубці

2 - центральний зубець

3 - огорожу зубців

4 - конус патрона

Підручник з тримачем служить опорою для ріжучого інструменту. Тримач підручника складається з прямокутного бруска з припливом, в отвір якого вставляється стрижень підручника. Підручник закріплюється на потрібній висоті і в потрібному положенні рукояткою. Тримач підручника закріплюється на напрямних станини спеціальним гвинтом, шайбою і рукояткою. Верстат комплектується двома підручниками довжиною 200 і 400мм

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

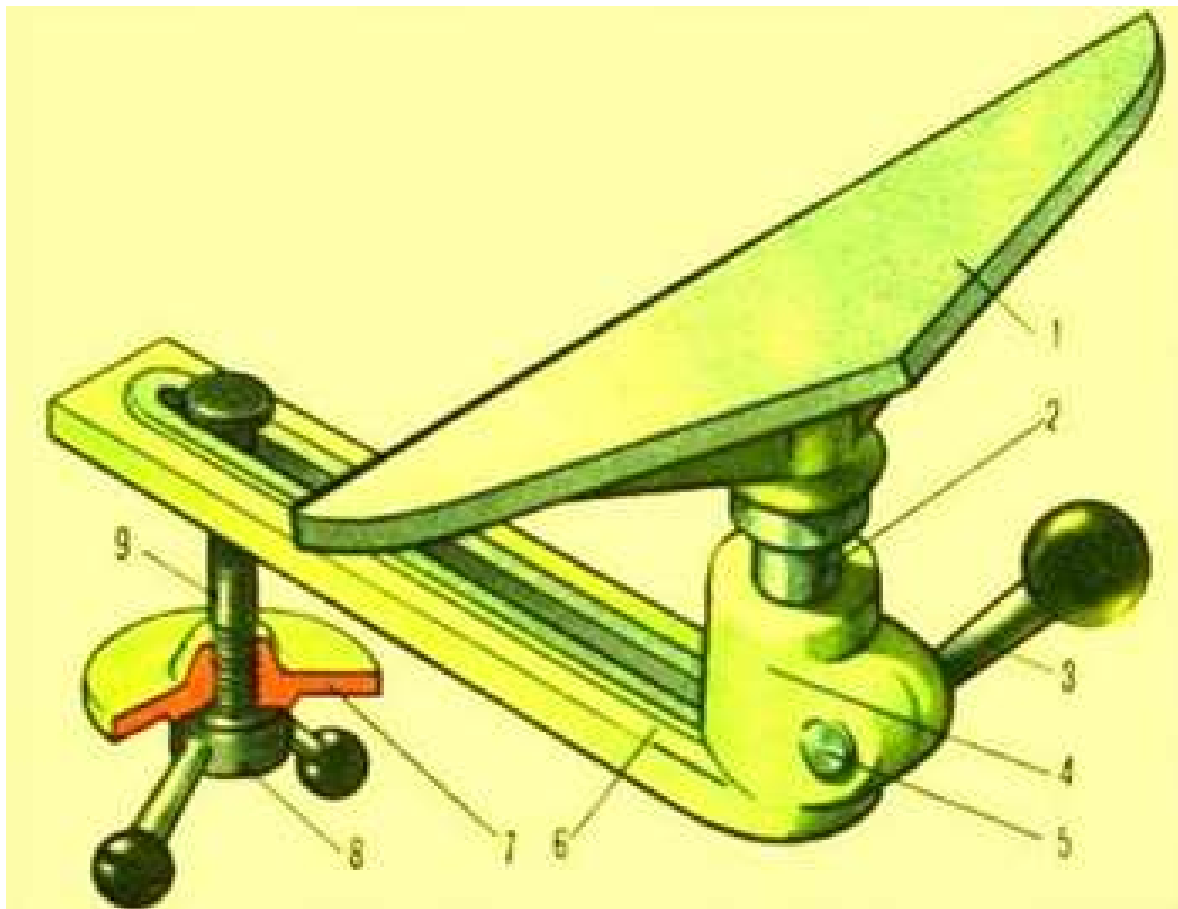


Рис. 9. Підручник з тримачем 1-похиле ложе 2-стрижень 3-рукоятка стопора 4-порожниста втулка 5-стопор 6-брус з прорізом 7 — притиск 8 — гайка з рукоятками 9 — болт з квадратною підголовкою

Відповідно конусу в шпинделі передньої бабки, а інший кінець форму тризубою вилки. При закріпленні заготовки один її кінець з наміченим пазом вставляють в тризуб, а другий підтискається центром пінолі задньої бабки. Планшайба (рис.3) застосовується при обробці великих за розміром заготовок і для обточування плоских дисків. Для цього в ній є кілька отворів, через які гвинтами кріпиться заготівля. Слід враховувати вихід гвинтів на протилежну (оброблювану) поверхню заготовки, так як при великій їх довжині вони будуть зачіпати ріжучий інструмент. Закріпивши заготовку на планшайбі, її потім нагвинчують на шпиндель. Трикулачковий патрон (рис.4) забезпечує швидке і надійне закріплення

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

заготовки і її центрування завдяки одночасному радіальному переміщенню затискних кулачків.

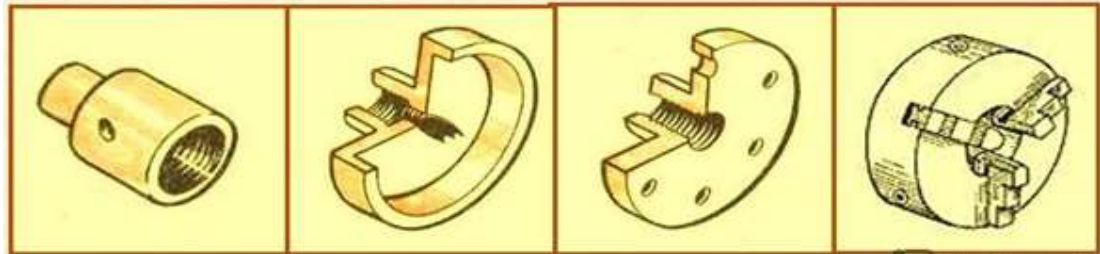


Рис. 10. Патрон, тризуб, планшайба та трикулачковий патрон.

Інструменти для токарних робіт для токарних робіт застосовуються різці (стамески) різної форми, насаджені на подовжені ручки. Токарні інструменти поділяються на обдирні, оздоблювальні, спеціальні обдирний різець — рейер (напівкругла стамеска) рейер — стамеска напівкруглої форми, що застосовується при чорновій токарній обробці деревини. Завдяки жолобчастої формі лезо знімає достатній по товщині шар деревини. Ширина леза-4 ... 30, довжина — до 300 мм.заточують рейер в полуовал з опуклого боку; кут скосу леза — 25...30°. Після обробки заготовки напівкруглої стамескою її поверхня буде шорсткою. Крім чорнової обробки рейер використовують для точіння увігнутих форм і вибірки внутрішньої порожнини при лобовому точінні.



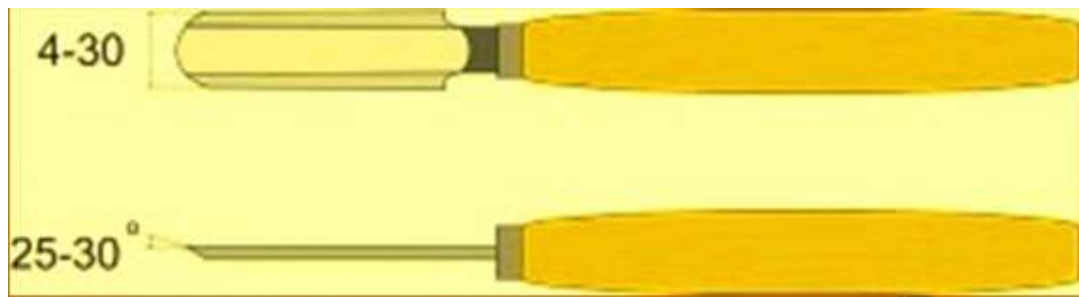


Рис. 11. Оздоблювальний різець-мейсель.

Оздоблювальний різець-мейсель - це ніж-стамеска, заточений з двох сторін під кутом, застосовується при чистовій токарній обробці деревини. Мейселі використовують для усунення шорсткості і вирівнювання поверхні виробу. Стамеска являє собою ніж-косяк, заточений з двох сторін під кутом 20...25°. Кут зрізу леза 70 ... 75°; ширина інструменту 5 ... 50 мм. заточування леза на кут дає можливість працювати його серединою, коли точінню підлягають опуклі або прямі поверхні. Використовуючи гострий кут, мейсель застосовують також для чистової обробки профільної поверхні, підрізання торців і відрізки виробу, а використовуючи тупий кут, для точіння заготовки з утворенням заокруглень.

Різець-скребок. Стамескою (скребок) з однією фаскою і прямолінійним лезом можна виточувати виїмки з прямими кутами, такі стамески застосовуються при лобовому точінні, при формуванні круглих шипів або вирівнювання циліндричних поверхонь. Різець-гачок застосовуються для виточування поглиблень і внутрішніх порожнин.

### 1.1.7. Електрообладнання

Електроустаткування токарного верстата СТД-120М живиться від трифазної мережі 380 в і складається з наступних елементів:

- приводний електродвигун;

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

- магнітний пускач;
- комплект плавких вставок;
- кнопки включення і виключення;
- понижуючий трансформатор на 24 в;
- світильник з вимикачем;
- випрямний діодний місток;
- реле включення динамічного гальмування;
- кінцевий вимикач.



Рис. 12. Зовнішній вигляд електрообладнання

Включення СТД-120М здійснюється кнопкою «пуск», а виключення — кнопкою «стоп», що розмикає ланцюг живлення електродвигуна. Одночасно з цим відбувається включення системи динамічного гальмування головного приводу: включається реле і замикається ланцюг, що подає напругу на діодний місток, від

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

якого постійний струм надходить на обмотку статора. Це зроблено для того, щоб прискорити зупинку обертання деталі і таким чином уникнути травмування рук верстатника.

Після установки верстата його не можна включати до того, як буде приєднана лінія заземлення. Болт для підключення заземлюючого проводу знаходиться на бічній стінці електрошкафа. Напруга 24 в подається в ланцюг освітлення робочої зони верстата від вторинної обмотки трансформатора, первинна обмотка якого включається контактами кнопки «пуск» і живиться напругою 220 в.

На огорожі ремінної передачі змонтований кінцевий вимикач, що розмикає ланцюг харчування електродвигуна при її знятті під час роботи верстата. Все електрообладнання стд-160м, крім кнопок включення і виключення, світильника і кінцевого вимикача, змонтовано в електрошкафу, який розташований на його задній частині.



Рис. 7. Зовнішній вигляд огороження

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

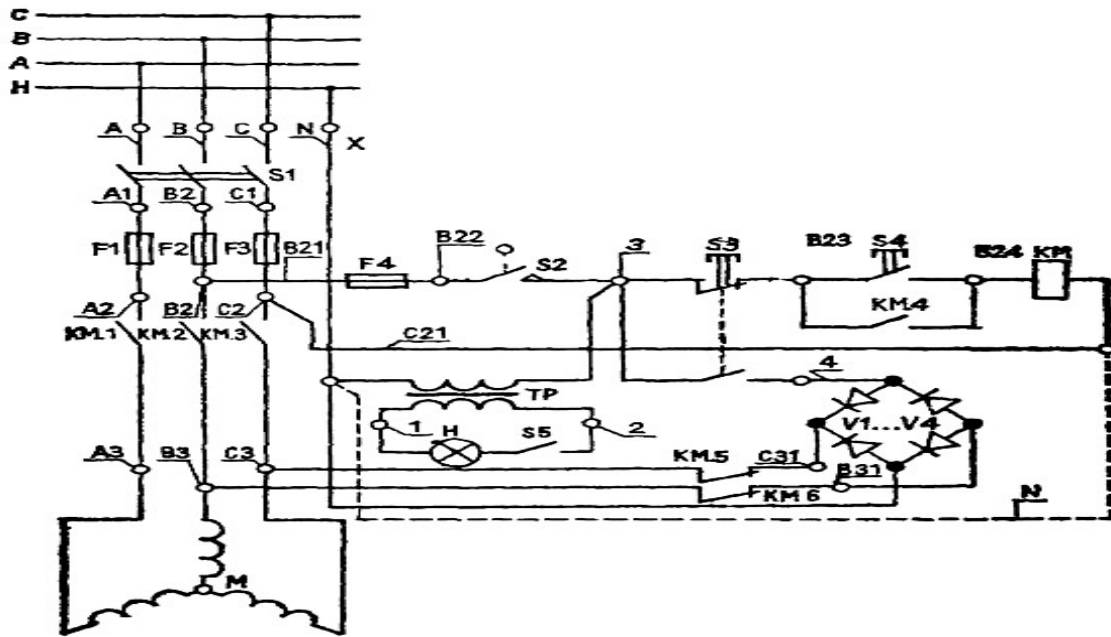


Рис. Електрична схема токарного верстата СТД-120М

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

2

## 2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Загальні характеристики та вимоги до деталей типу «Вал»

Згідно із термінологією словника – довідника із визначення механізмів, вал – це стержень, встановлений в опорах так, що може обертатися, він призначений для передачі крутного моменту між деталями, закріпленими на ньому. Разом з передачею крутного моменту уздовж своєї осі вали призначені для підтримки деталей машин, що обертаються.

Таке функціональне призначення валу визначає його напружене становище – вигин з крученням. В той же час, на ділянках валу, де відсутні згинаючі моменти, виникає лише напруга кручення. І навпаки, там, де немає крутних моментів, вал зазнає лише напругу вигину.

*Класифікація валів.* Прості прямі вали мають форму тіл обертання і можуть бути постійного або змінного діаметра – гладкі або ступінчасті. За формою поперечного перерізу вали підрозділяються на суцільні та порожнисті (з осьовим отвором).

По зовнішньому контуру поперечного перерізу вали розділяють на шліцьові і шпонкові, що мають на деякій довжині шліцьовий профіль або профіль з пазом шпонки.

Широке застосування шліцьових валів в технологічному обладнанні (нарізаних або по всій довжині, окрім опорних шийок, або на її частині) пояснюється такими їхніми перевагами перед валами зі шпонками:

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разраб.		Свржок В.В.			<b>ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>	Лит.	Лист	Листов
Перев		Логчнов					1	16
Реценз.						СНУ ім. В.Даля		
Н. Контр.						кафедра МПМ		
Утверд.		Соколов В.И.						

- кращим centruванням деталей, що сидять на валу;
- кращим напрямом деталей, що пересуваються уздовж валу;
- меншим питомим тиском на гранях шліців при одній і тій же величині передавального крутного моменту і однакових діаметрах шліцевого валу і валу зі шпонкою.

У машинобудуванні найбільш поширені шліцеві з'єднання з прямокутними (прямобічними) шліцами, грані яких паралельні, притому головним чином шестишліцеві (для валів з  $D = 25 \dots 90$  мм). Для більшого діаметра використовуються десятишліцеві вали.

Вали класифікують також за умовними ознаками, наприклад, за відносною швидкістю обертання у вузлі (у коробці швидкостей):

- швидкохідний;
- середньошвидкісний;
- тихохідний;

або за розташуванням у вузлі:

- вхідний (ведучий);
- проміжний;
- вихідний (ведений).

Опорні частини валів називають цапфами або шийками. Цапфи валів для підшипників кочення виконують найчастіше циліндричними. В окремих випадках застосовують конічні цапфи з малою конусністю – для регулювання зазорів в підшипниках пружною деформацією кільця. Внутрішнє кільце підшипника зазвичай закріплюється на цапфі за допомогою кінцевої шайби з болтом або круглою шліцевою гайкою. В останньому випадку разом з цапфою виконується менша за діаметром різьбова ділянка валу під гайку.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

*Конструювання валу.* Форма валу технологічного обладнання визначається:

- а) числом і положенням деталей, які мають бути розміщені на ньому;
- б) необхідними посадками розміщуваних деталей;
- в) способами кріплення нерухомих деталей (шпонки, шліцьові з'єднання, буртики);
- г) напрямом пересувних деталей (направляючі шпонки, шліцьова ділянка);
- д) способом регулювання радіального і осьового положення вала або шпинделя;
- е) типом і розмірами підшипників;
- є) технологією термо– або хіміко – термічної обробки.

Тому форма валу має бути погоджена в кожному випадку з названими чинниками, які частково відомі заздалегідь, частково вибираються в процесі проектування вузла (рис.2.1).

При виборі форми валу рекомендується користуватися такими загальними правилами:

1) при установці на одному валу декількох деталей з різними посадками форма валу має бути такою, аби кожна деталь при її знятті проходила по валу без натягу;

2) висота буртику  $t$ , рис. 2.1, б), з одного боку, має бути мінімальною, аби понизити концентрацію напруги, а з іншого – достатньою, аби забезпечити осьову фіксацію деталі (вузла), для якої (якого) буртик є упором;

3) кількість рівнів різного діаметра має бути мінімальною (це спрощує технологію виготовлення і знижує концентрацію напруги на валу);

4) у разі декількох різних посадок на валу з одним номінальним діаметром вал слід виготовляти із проточками між посадками (рис. 2.1, а).

Перехідні ділянки валу між двома рівнями різних діаметрів виконуються у вигляді:

- 1) канавок для виходу шліфувальних кругів;
- 2) галтелів постійного радіусу  $\rho$ .

Для шийок під підшипники кочення рекомендують відношення  $\rho/d = 0,02...0,04$  і  $t/\rho \approx 3$  (менші значення для великих діаметрів); тут  $d$  – діаметр

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

меншого з рівнів, що сполучаються;  $t$  – висота буртику, тобто піврізниця діаметрів ступенів.

Бажано, аби радіус закруглення в важко навантажених валах був більший або дорівнював  $0,1 \cdot d$ . Коли радіус галтелі обмежується радіусом закруглення кромки насаджуваних деталей, ставлять кільця (рис. 2.1, в).

Галтелі спеціальної форми мають змінний радіус (із збільшенням в зоні переходу до рівня меншого діаметра). Змінність радіуса підвищує втомлену міцність валу на 10 %.

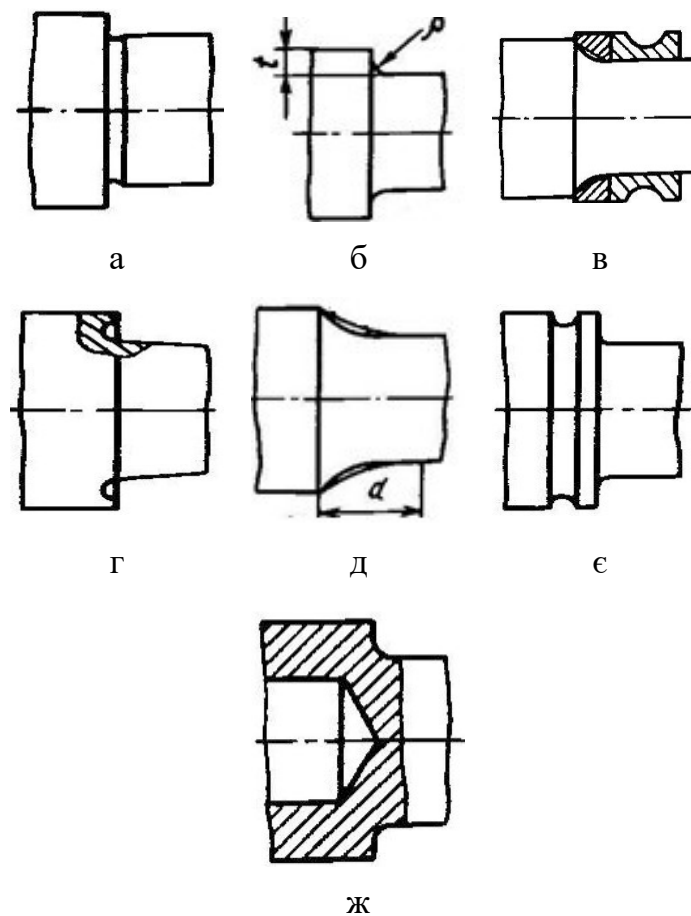


Рис. 2.1. Варіанти перехідних ділянок в ступінчастих валах

Ще однією спеціальною формою перехідної поверхні є галтель з піднутренням (рис. 2.1, г), що дозволяє збільшити довжину базування маточин. Крім того,

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32



піднутрення буртику зменшує його жорсткість і, як наслідок, понижує концентрацію напруги на цій ділянці валу.

Можна підібрати галтель оптимальної форми на довжині  $(0,75...1) \cdot d$  (рис. 2.1, д), аби практично позбавитися від концентрації напруги. Таку форму можна використовувати на вільних ділянках важконавантажених валів.

Розвантажувальні канавки (рис. 2.1, є) дозволяють підвищити втомну міцність валу в перехідних перерізах (усування малонапруженого матеріалу).

*Матеріали валів.* Вибір матеріалу і способу термо– і хіміко – термічної обробки валу залежить від умов його роботи у технологічному обладнанні і визначається:

а) необхідними величинами меж витривалості при згинанні і при крученні, особливо для валів, які працюють в умовах різкого й швидкозмінювального навантаження або з ударами;

б) швидкістю зношення поверхонь, що допускається;

в) формою валу і обумовленими нею можливими залишковими напругами в результаті термо– і хіміко – термічних обробок.

У випадках, коли перерізи валу виходять більшими, ніж вимагає розрахунок (через експлуатаційні або технологічні вимоги) і напруги в них невеликі, вал може бути виготовлений з простої вуглецевої сталі. Інколи, в таких випадках використовується щільний дрібнозернистий перлітовий чавун типу СЧ20 ДСТУ EN 1561:2010 (ГОСТ 1412-85).

Якщо вал обертається в підшипниках кочення, то в особливій твердості шийок необхідності немає, і достатнє поліпшення (загартування з високою відпусткою). У подібних випадках підходить сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88) із гартуванням і відпусткою до НВ = 230...260, або сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 (ГОСТ 4543-71) при твердості НВ = 240...280.

Найкращі результати щодо підвищення зносостійкості дає азотування, за допомогою якого досягається не лише надзвичайно висока (до 1000 за Віккерсом), але й дуже однорідна твердість поверхневого шару.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Азотовані вали можна рекомендувати для високоточного обладнання і обладнання з частотами обертання валу (шпинделя) понад 2000 об/хв. Азотуванню добре піддаються хромоалюмінієві сталі типу 40ХЮ і 35ХЮА і хромомолібденові типу 38ХМЮА ГОСТ 4543-71. Вали, піддані азотуванню, мають мінімальне викривлення, оскільки при такому зміцненні загартування не потрібне. Недоліками азотування є тривалість цього процесу (до 40...60 з.), мала товщина зміцнюючого шару (0,2...0,5 мм).

Для важконавантажених валів, які повинні володіти разом з гарною зносостійкістю ще й високою міцністю, використовуються цементовані сталі – хромонікелеві 12ХНЗА, 13ХНЗА, 18ХНЗА ДСТУ 7806:2015 (ГОСТ 4543-71), загартовані і відпущені до HRC 56...63.

Основний розрахунок валів слід вести за визначенням запасів міцності по відношенню до межі витривалості в імовірно небезпечних перерізах, тобто, на опір втоми. Необхідність цього підтверджується спостереженнями за руйнуванням валів технологічного обладнання, що зазнавали під час роботи змінної напруги.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

## 2.2. Характеристика ведучого валу привода головного руху верстату

Визначити основні конструктивні та геометричні характеристики вузла технологічного обладнання. Виконати проектний розрахунок деталі – «Вал».

### Вхідні дані

Вхідні дані для проектно – конструкторського розрахунку ведучого валу привода головного руху фрезерного верстата (рис. 2.2 та рис. 2.3) представлені в табл. 2.1

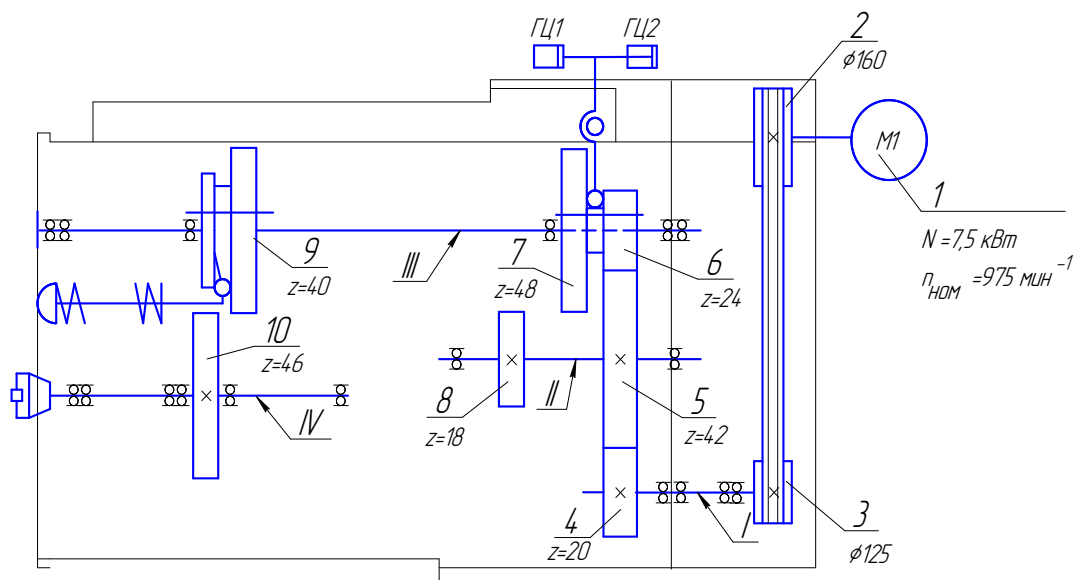


Рис. 2.2. Принципова кінематична схема привода головного руху

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

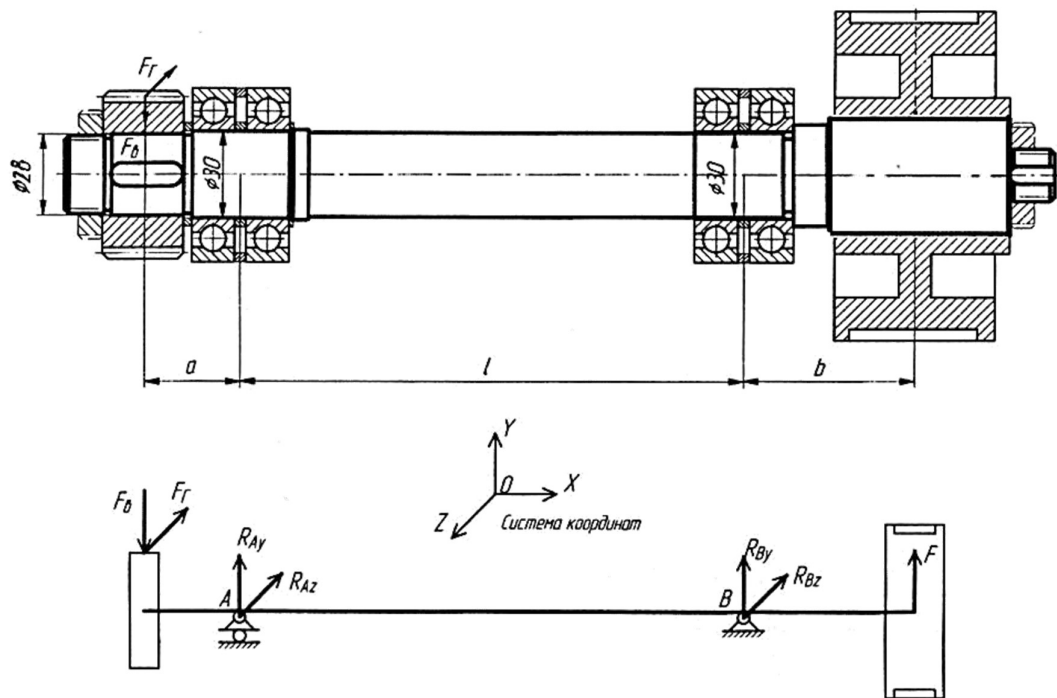


Рис. 2.3. Ескіз і розрахункова схема вузла «Вал»

Таблиця 2.1

Вхідні дані

Варіант	Тип електродвигуна	Передавана потужність електродвигуна, $N, кВт$	Номінальна частота обертання електродвигуна, $n, хв^{-1}$	Діаметр ведучого шківa, $d_{p1}, мм$	Діаметр веденого шківa, $d_{p2}, мм$
1	V112S	3,7	1000	90	225

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

36

### 2.3. Розрахунок силового параметру приводу

Крутний момент на вхідному валу:

$$T = \frac{N}{n} \cdot 9550 = \frac{3,7}{1000} \cdot 9550 = 35,355$$

### 2.4. Матеріал деталі

*Матеріал валу.* Для валів приводу головного руху верстатів застосовують сталі 45, 50, 40Х, піддані термічному поліпшенню (гарт з високим відпуском).

Приймаємо, що матеріалом валу є сталь 45.

### 2.5. Розрахунок розмірних параметрів валу

#### 2.5.1. Визначення розмірів першої ступені валу

Розрахуємо діаметральний розмір першої ступені валу, на якій розташовано шків клиноременної передачі:

$$d_1 = \sqrt[3]{10^3 \cdot \frac{T}{(0,2 [\tau_{кр}])}} = \sqrt[3]{10^3 \cdot \frac{35,355}{(0,2 \cdot 25)}} = 19,19 \text{ мм}, \quad 2$$

де  $T$  – крутний момент на вхідному валу,  $H \cdot м$ ;

$[\tau_{кр}]$  – допустима напруга на кручення,  $МПа$  (для сталі 45  $[\tau_{кр}] = 25 МПа$  ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88)).

Отримане розрахункове значення  $d_1$  діаметру валу округлюють до найближчого стандартного значення згідно ГОСТ 12080-66.

Приймаємо  $d_1 = 20 \text{ мм}$ .

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

При проектному розрахунку валу довжина першої ступені вхідного валу, на якій розташовано шків клинопасової передачі, приймаємо рівним ширині шківа, тобто  $l_1 = l_m = M$ .

### 2.5.2. Розрахунок ширини шківу

Розрахуємо ширину шківу  $M$  перерізу  $B$  з трьома канавками (рис. 2.4; табл. 2.2):

$$M = (n - 1) \cdot e + 2f = (3 - 1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 63 \text{ мм},$$

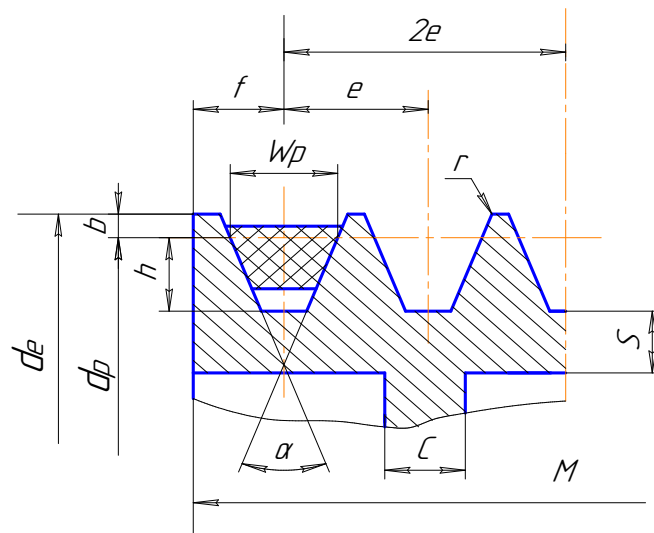


Рис. 2.4. Профіль шківа клинопасової передачі

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

38

## Розміри профіля шківів

Переріз ременю	$W_p$	$b$ (min)	$h$ (min)	$e$		$f$		$r$
				Номін.	Граничне. відх.	Номін.	Гран. відх.	
Z(O)	8,5	2,5	7,0	12,0	$\pm 0,3$	8,0	$\pm 1,0$	0,5
A	11,0	3,3	8,7	15,0	$\pm 0,3$	10,0	+2;-1	1,0
B(B)	14,0	4,2	10,8	19,0	$\pm 0,4$	12,5	+2;-1	1,0
C(B)	19,0	5,7	14,3	25,5	$\pm 0,5$	17,0	+2;-1	1,5

Креслення шківів перетину  $B$  виконано в САПР АРМ WinMachine та представлено на рис. 2.5.

Отримане значення ширини шківів перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір  $M = 63$  мм відповідає нормальному ряду  $R_5$ .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри першої ступені: діаметр –  $d_1 = 20$  мм; довжина –  $l_1 = 63$  мм.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

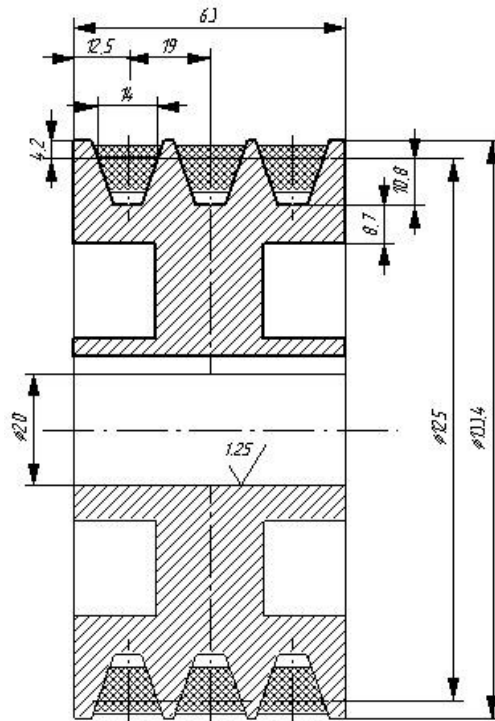


Рис. 2.5. Креслення шківу клинопасової передачі

### 2.5.3. Визначення діаметру другої ступені валу

Розрахунок діаметру другої ступені валу , на якій розташовані опори, у вигляді підшипників.

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot t = 20 + 2 \cdot 2 = 24 \text{ мм},$$

де  $t$  – перехід діаметра валу по відношенню до попереднього діаметра.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40



Значення висоти буртику  $t$ , визначаються по таблиці 2.3. в залежності від діаметру суміжної з ним ступені  $d_1$ . Для нашого випадку  $t = 2$  мм.

Необхідно враховувати, що значення посадочного діаметру підшипника кратне 5, тому і діаметр ступені валу приймаємо:  $d_2 = 25$  мм.

#### 2.5.4. Вибір підшипників.

В якості опор обираємо підшипники шарикові радіальні однорядні легкої серії, згідно ГОСТ 8338-75 діаметру валу  $d = 25$  мм відповідають підшипники марки 205, вантажопідйомністю  $C = 14000$  Н,  $C_0 = 6950$  Н. Номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні підшипника  $D = 52$  мм, ширина  $B = 15$  мм, координата монтажною фаски  $r = 1,5$  мм.

#### 2.5.5. Визначення розмірів другої ступені валу.

Довжина другої ступені валу під підшипник дорівнює ширині підшипника  $l_2 = B = 15$  мм.

Отримане значення довжини другої ступені перевіряємо згідно ряду нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69. Розмір  $l_2 = 15$  мм відповідає нормальному ряду  $R_a5$ .

Виходячи з розрахунків приймаємо наступні розміри другої ступені: діаметр –  $d_2 = 25$  мм; довжина –  $l_2 = 16$  мм.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

### 2.5.6. Визначення розмірів третьої ступені валу.

Зубчасте колесо на валу монтується за допомогою шліцьового з'єднання. Розрахуємо діаметр ступені валу під зубчасте колесо:

$$d_3 = d_2 + 3,2 \cdot r = 25 + 3,2 \cdot 2 = 31,4 \text{ мм}, \quad 5$$

Округляємо згідно ряду нормальних чисел  $d_3 = 32 \text{ мм}$ .

Обираємо параметри зубчастого шліцьового прямобічного з'єднання легкої серії згідно ГОСТ 1139-58 для внутрішнього діаметру  $d = 32 \text{ мм}$ : число зубів  $z = 8$ ; зовнішній діаметр  $D = 36 \text{ мм}$ ; ширина зуба  $b = 6 \text{ мм}$ .

Довжину третьої ступені валу знайдемо виходячи з габаритів корпусу, які знаходяться в межах  $200 - 300 \text{ мм}$  для приводів головного руху верстатів 2 – 3 типорозміру.

$$l_3 = l_k - (l_1 + l_2 + l_4) = 200 - (63 + 16 + 16) = 105 \text{ мм},$$

де  $l_k$  – довжина корпусу, мм.

### 2.5.7. Визначення розмірів четвертої ступені валу

Параметри четвертої ступені валу дорівнюють другій, так як на ній монтується ідентичний підшипник марки 205.

Виходячи зі сказаного приймаємо наступні розміри четвертої ступені: діаметр –  $d_2 = 25 \text{ мм}$ ; довжина –  $l_2 = 16 \text{ мм}$ .

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6. Зведені розміри ступенів валу

Зведені розміри ступенів валу приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Зведені розміри ступенів валу

Розмір	Ступінь валу			
	I	II	III	IV
$d$ , мм	20	25	32	25
$l$ мм	63	16	105	16

Робоче креслення валу наведено на рис. 2.6.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43



### 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал»:

- визначити тип виробництва;
- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом;
- виконати розрахунок точності операції (однієї за завданням керівника).

Вхідні дані для проектування:

- робоче креслення деталі (рис. 2.1).
- матеріал деталі - сталь 45 ГОСТ 1050-74.
- програма випуску деталей -  $N = 4000$  штук/рік
- 
- маса деталі  $M_0 = 3,5$  кг

Д

#### 3.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення

а

Службове призначення деталі Вал – передача крутного моменту, базування і координація положення зубчастих коліс.

В якості заготовки використовуємо штамповку (наприклад, штамповка на КГШП).

с

т

У					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ		
К							
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Разраб.	Суржок В.В.				Лит.	Лист	Листов
Перев	Логунов					1	25
Реценз.					СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		
Н. Контр.							
Утверд.	Соколов В.И						
<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>							

В

Деталь являє собою ступінчастий вал, у якого діаметри збільшуються від одного торця до іншого. На валу розташовані два шпонкових паза для установки призматичних шпонок. На одній з ступінчастих поверхонь нарізана різьба М55х2-6g. У правому торці валу є центровий отвір FM16. У лівому торці валу розташовано центровий отвір А 6,3.

При виготовленні деталі «Вал» необхідно витримати допуски циліндричності та паралельності поверхні  $\varnothing 55h6(-0,019)$  мм у межах 0,005 мм. Допуск биття циліндричних поверхонь діаметрами  $\varnothing 48h6(-0,016)$  та  $\varnothing 52 h10(-0,12)$  мм, та допуск биття торцевої поверхні 0,04 відносно бази Г - осі деталі.

Згідно технічних вимог вал виготовлюємо з вуглецевої сталі 45 ГОСТ 1050-74. Вихідна твердість сталі НВ 156-197. Деталь піддається загартуванню з подальшим високим відпусканням. Група металу – М 2.

М  
е  
х  
а  
Т  
а

Механічні властивості сталі 45

$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ ,%	$\psi$ ,%
14	610	16	40

н  
і  
Хімічний склад сталі 45,%  
я

С	Сu, не більш ніж	Si	Mn	Cr	Ni, не більш ніж	S, не більш ніж	P, не більш ніж
0,4-0,5	0,25	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,3	0,30	0,04	0,035

с  
т  
и  
в  
о  
я  
.  
2

е					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

### 3.2. Визначення типу виробництва

У зв'язку з відсутністю норм часу в базовому технологічному процесі і неможливістю визначення коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва попередньо визначаємо за річним випуском деталей та їхньою масою.

Згідно з завданням при річному випуску  $N = 4000$  штук і масі  $M_d = 3,5$  кг тип виробництва визначаємо відповідно до рекомендацій.

У багатосерійному виробництві деталі виготовляють партіями. Розмір партії розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{(4000 \cdot 6)}{256} = 94,$$

де  $a$  – кількість днів запасу деталей на складі;

$\Phi$  – кількість робочих днів у році.

За розміром партії  $n$  встановлюємо, що виробництво буде середньосерійне. Остаточний тип виробництва буде уточнений після розрахунку норм часу.

#### Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання

В умовах середньосерійного виробництва заготовку валу в проектованому варіанті доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП).

Цей метод забезпечує високу точність заготовок, мінімальні припуски і високу продуктивність.

Для розрахунків припусків і визначення граничних відхилень розмірів заготовки визначаємо індекс заготовки за ГОСТ 7505-89.

Розрахункова маса поковки:

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

кз,

де  $M_{\partial}$  – маса деталі, задається в завданні (див. табл. 1.1);

$K_p$  – коефіцієнт, що залежить від характеристики деталі, при виготовленні заготовки за типом «Вал» з прямою віссю, для наведеного креслення приймається  $K_p = 1,3 \dots 1,6$  (Пр.3, табл. 20, с. 20 ГОСТ 7505-89).

Знайдемо габаритні розміри фігури (циліндру), яка описує поковку.

Діаметр фігури:

$$D_{\phi} = D_{\partial} \cdot 1,05 = 64 \cdot 1,05 = 67,2$$

Довжина фігури:

$$L_{\phi} = L_{\partial} \cdot 1,05 = 228 \cdot 1,05 = 239,4$$

де  $D_{\partial}$  – максимальний діаметр деталі за кресленням,

$L_{\partial}$  – довжина деталі за кресленням.

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку:

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,0672^2}{4} \cdot 0,2394 \cdot 7850 = 6,7$$

д

е Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури:

р

–

щ

і

п

$$C = \frac{M_p}{M_{\phi}} = \frac{5,25}{6,7} = 0,78.$$

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Б						48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

н

і



Тоді, згідно таблиці 3.3: ступінь складності – С1. Згідно таблиці 3.4 по групі сталі, класу точності і ступеню складності визначаємо вихідний індекс поковки – 8.

## Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів

### Розрахунок припуску на діаметральний розмір.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні діаметром  $\varnothing 55h6(-0,019)$  мм для операцій:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Розрахуємо значення просторових відхилень для операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал». По-перше, знайдемо викривлення поверхні деталі:

$$\Delta_{\text{вкр}} = \Delta_{\text{в}} \cdot l = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм} = 0,042$$

де  $\Delta_{\text{в}}$  – питоме викривлення, тобто відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм, що залежить від методу її отримання  $\Delta_{\text{в}} = 0,7 \text{ мкм} / \text{мм}$ ;

$l = 60$  мм – відстань від оброблюваного перетину до найближчої опори, є однаковим для всіх варіантів, оскільки не змінюється положення люнети при обробці всіх наведених варіантів деталей.

Знайдемо похибку центрування:

$$\lambda = \sqrt{(\delta_3)^2 \pm 0,25^2} - \sqrt{(1900)^2 \pm 0,25^2} = 0,50 \text{ мм} = 0,05 \text{ мм}$$

де  $\delta_3$  – допуск заготовки, мм;

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

Далі знайдемо сумарне відхилення розташування поверхонь (просторове відхилення) заготовки при обробці в центрах:

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta_{зм}^2 + \Delta_{ц}^2 + \Delta_{випр}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,95^2 + 0,042^2} = 1,07 \text{ мм} = 1070 \text{ мкм}$$

де  $\Delta_{зм}$  – зміщення одних ділянок поверхні відносно інших, у випадку заготовки поковки – зміщення осей поковок при штампуванні в різних половинах штампа,

$$\Delta_{зм}^2 = 0,5 \text{ мм.}$$

Розрахуємо величини залишкових викривлень після переходів використовуючи  $K_y$  – коефіцієнт уточнення, значення якого приведені в таблиці

1

.

6

,

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 1,07 = 0,064 \text{ мм} = 64 \text{ мкм}$$

т

п

а

с

$$\Delta_2 = K_y \cdot \Delta_3 = 0,04 \cdot 1,07 = 0,042 \text{ мм} = 42 \text{ мкм}$$

EMBED Equation.DSMT4  $\Delta_3$  – сумарне відхилення розташування поверхонь

я

а

н

н

ф

б

в

р

н

і

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Р						50
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні  
 $\varnothing 55h6(-0,019)$  мм

Найменування операції	Елементи припуску, мкм			Припуск $2 \cdot z_{\min}$ , мкм	$d_p$ , мм	Допуск, $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_z$	$T$	$\Delta$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2 \cdot z_{\min}^{np}$	$2 \cdot z_{\max}^{np}$
Заготовка (h16)	150	150	1070	–	58	1900	58	59,9	–	–
Точіння чорнове (h12)	50	50	64	2·1470	55,513	300	55,513	55,813	2487	4087
Точіння чистове (h9)	30	30	42	2·164	55,185	74	55,185	55,259	328	554
Шліфування (h6)	5	15	21	2·102	54,981	19	54,981	55	204	259
Разом									3019	4900

Л  
 я  $d_{p1} = d_{\min 1} = d_{\min 2} + 2 \cdot z_{\min 1} = 55,185 + 2 \cdot 0,164 = 55,513$  мм.

ч Д  
 я  $d_{p3} = d_{\min 3} = d_{\min 2} + 2 \cdot z_{\min 3} = 55,513 + 2 \cdot 1,47 = 58$  мм.

Далі знайдемо найбільші діаметри.

п  
 $d_{\max 3} = 54,981 + 0,019 = 55$  мм.

И	Л	№ докум.	Підпис	Дата	ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
						52

П  
Р

$$d_{max2} = d_{min2} + \delta_2 = 55,185 + 0,074 = 55,259 \text{ мм.}$$

Ч  
П  
Р

$$d_{max1} = d_{min1} + \delta_1 = 55,513 + 0,30 = 55,813 \text{ мм.}$$

Т  
Д  
Р

$$d_{max3} = d_{min3} + \delta_3 = 58 + 1,9 = 59,9 \text{ мм.}$$

М  
У  
Визначимо граничні значення припусків.

Д  
П

$$2 \cdot z_{max}^{np} = d_{max2} - d_{max3} = 55,259 - 55 = 0,259 \text{ мм} = 259 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{min}^{np} = d_{min2} - d_{min3} = 55,185 - 54,981 = 0,204 \text{ мм} = 204 \text{ мкм}.$$

Ф  
Д  
П

$$2 \cdot z_{max}^{np} = d_{max1} - d_{max2} = 55,813 - 55,259 = 0,554 \text{ мм} = 554 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{min}^{np} = d_{min1} - d_{min2} = 55,513 - 55,185 = 0,328 \text{ мм} = 328 \text{ мкм}.$$

Д  
П

$$2 \cdot z_{max}^{np} = d_{max3} - d_{max1} = 59,9 - 55,813 = 4,087 \text{ мм} = 4087 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{min}^{np} = d_{min3} - d_{min1} = 58 - 55,513 = 2,487 \text{ мм} = 2487 \text{ мкм}.$$

В  
В

О					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
О						53
И	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

О  
Н

$$2 \cdot z_{o_{max}} = 4087 + 554 + 259 = 4900 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot z_{o_{min}} = 2487 + 328 + 204 = 3019 \text{ мкм}.$$

В

И

з

$$z_{o_{ном}} = z_{o_{min}} + EI_3 - \delta_d = 3019 + 800 - 19 = 3800 \text{ мкм} = 3,8 \text{ мм},$$

н

де  $EI_3$  – нижні відхилення діаметра заготовки;

ч

$\delta_o$  – допуск на деталь

а

Визначаємо номінальний діаметр заготовки:

є

м

о

$$d_{з_{ном}} = d_{д_{ном}} + z_{o_{ном}} = 55 + 3,8 = 58,8 \text{ мм}.$$

з

Виконуємо перевірку правильності розрахунків:

а

$$z_{max3}^{np} - z_{min3}^{np} = 259 - 204 = 55 \text{ мкм}; \delta_2 - \delta_3 = 74 - 19 = 55 \text{ мкм};$$

г

а

$$z_{max2}^{np} - z_{min2}^{np} = 554 - 328 = 226 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 300 - 74 = 226 \text{ мкм};$$

л

$$z_{max1}^{np} - z_{min1}^{np} = 4087 - 2487 = 1600 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 1900 - 300 = 1600 \text{ мкм}.$$

ь

н

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

и

й

н

о

м

і

Н					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

л

### 3.4.2. Розрахунок припусків на лінійний розмір.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні  $228_{-1,15}$ .

Заготовку виробу одержуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з фрезерно-центрувальної операції.

Випишемо значення  $R_z$  і  $T$  для всіх операцій:

– для заготовки:  $R_z = 150$  мкм,  $T = 250$  мкм;

– для фрезерно-центрувальної операції:  $R_z = 5$  мкм,  $T = 15$  мкм.

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\Delta_z = \Delta_{\text{вирк}} = \Delta_g \cdot L = 0,7 \cdot 228 = 159,6 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо залишкове просторове відхилення після фрезерування торців:

$$\Delta_{\text{зали}} = K_y \cdot \Delta_z = 0,12 \cdot 159,6 = 19,15 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо припуски на фрезерування торців:

$$z_{\text{min}} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i = 150 + 250 + 159,6 + 0 = 559,6$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 2.5.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями  
на обробку поверхні 228<sub>-1,15</sub>

Найменування операції	Елементи припуску, мкм			Припуск $2 \cdot z_{\min}$ , мкм	$l_p$ , мм	Допуск, $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_z$	$T$	$\Delta$				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2 \cdot z_{\min}^{np}$	$2 \cdot z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	159,6	–	228	2000	228	230	5	–
1. Фрезерно-центрувальна	5	15	19,15	2·559,6	226,85	1150	226,85	228	1150	2000

Г  
р  
а  
ф  
а  
«  
Р  
о  
з  
р  
а  
х  
к  
о  
в  
и  
й

Г

Для фрезерно-центрувальної операції:

$$l_{p1} = l_{\min 1} = 228 - 1,15 = 226,85 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$l_{pz} = l_{\min z} = l_{\min 1} + z_{\min 1} = 226,85 + 0,5596 = 227,4 \approx 228 \text{ мм.}$$

Граничний лінійний розмір ( $l_{\max}$ ) обчислюємо додаванням допущу до округленого найменшому граничного розміру. Розрахуємо найбільші лінійні розміри. При фрезерно-центрувальної операції:

$$l_{\max 1} = 226,85 + 1,15 = 228 \text{ мм.}$$

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56



Для заготовки:

$$l_{max3} = l_{min3} + \delta_3 = 228 + 2 = 230 \text{ мм.}$$

Розрахуємо граничні значення припусків під фрезерування торців:

$$z_{max}^{np} = l_{max3} - l_{max1} = 230 - 228 = 2 \text{ мм};$$

$$z_{min}^{np} = l_{min3} - l_{min1} = 228 - 226,85 = 1,15 \text{ мм.}$$

Знайдемо загальний номінальний припуск:

$$z_{0ном} = z_{0min} + EI_3 - \delta_0 = 1150 + 1000 - 1150 = 1000 \text{ мкм.}$$

Знайдемо номінальний розмір заготовки:

$$l_{зном} = l_{дном} - z_{оном} = 228 + 1 = 229 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірку правильності розрахунків:

$$z_{max1}^{np} - z_{min1}^{np} = 2000 - 1150 = 850 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 2000 - 1150 = 850 \text{ мкм.}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

На інші поверхні припуски і граничні відхилення призначаємо по ГОСТ 7505-89 і результати зводимо в таблицю 3.5.

П

р

и

к

л

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
а						57
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

д

## Припуск і допуски на оброблювані поверхні валу

Розмір деталі	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 55^{-0,019}$	–	2·1,9	+0,8 –0,4
$\varnothing 64$	2·1	–	+0,8 –0,4
228 <sup>-1,15</sup>	–	1	+1,1 –0,5
10	0,9	–	+0,7 –0,3

### 3.5. Розробка та аналіз маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

Відповідно до креслення деталі і річним обсягом випуску приймаємо наступний маршрут її обробки (таблиця 3.6).

У розробленому, технологічному процесі, заготовкою є поковка, форма якої максимально наближена до форми деталі, що дозволяє прискорити і знизити витрати на обробку деталі. Більшість операцій ведеться на верстатах з ЧПК, що забезпечує найбільш високу продуктивність і точність оброблюваних поверхонь. При обробці даної деталі діє принцип сталості і суміщення баз, що так само забезпечує точність оброблюваних поверхонь. Застосовуються стандартні пристосування, і використовується високопродуктивний ріжучий інструмент.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58



Розрахунок необхідної кількості операцій проведемо по поверхні  $\varnothing 55_{(-0,019)}$ .  
Розмір заготовки  $\varnothing 58,8_{-0,4}^{+0,8}$ .

Розрахуємо коефіцієнт уточнення:

$$K_{y.o.} = \frac{T_z}{T_\theta} = \frac{1,9}{0,019} = 100 \text{ мкм},$$

де  $T_z$  – допуск на заготовку на оброблювану поверхню, мкм;

$T_\theta$  – допуск на оброблену поверхню деталі, мкм.

Для обробки поверхні  $\varnothing 55_{(-0,019)}$  приймаємо наступний маршрут: чорнове точіння, чистове точіння, шліфування.

Розрахуємо проміжні значення коефіцієнту уточнення:

$$K_{y1} = \frac{\delta_z}{\delta_1} = \frac{1,9}{0,3} = 6,3;$$

$$K_{y2} = \frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{0,3}{0,074} = 4,05;$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – допуски розмірів, отриманих при обробці деталі на першій, другій і третій операціях.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

## Маршрутний технологічний процес

№ операції	Найменування операції, її зміст	Базові поверхні	Модель верстата	Робочий інструмент	Установочні пристосування
005	Пресова		КГШП		
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Свердлити центрові отвори	Поверхні Ø55, Ø48 і торець валу	MP77	Фреза торцева Ø100; T15K6 Свердел центрувальне Ø6,3; P18	Захват 7808-4013
015	Токарна с ЧПК 1. Чорнове точіння поверхонь Ø48, Ø52, Ø55, Ø64 і торця. 2. Чистове точіння поверхонь Ø48, Ø52, Ø55, торця 10 і фасок. 3. Точити 2 канавки b = 3 4. Точити канавку b = 2,5 5. Нарізати різьбу M55x2-6g	Центрові отвори	16K20.T1	Різець прохідний T15K6 Різець канавковий T15K6 Різець різьбонарізний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
020	Вертикально-фрезерна ЧПК 1. Фрезерувати шпонкові паз 14N9 2. Фрезерувати шпонкові паз 16N9	Поверхні Ø55, Ø48 і торець валу	6P13Ф3-01	Фрези кінцеві Ø16, Ø14	Призми 7033-0109 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0477 ГОСТ 4734-69
025	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 1. Свердлити отвір Ø16 2. Зенкерувати отвір 3. Зенкувати фаску 2. Нарізати різьбу M16	Поверхні Ø55, Ø48 і торець валу	2P135Ф2-1	Свердло Ø 15 Зенкер Зенківка Мітчик Ø 16	Призми 7033-0109 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0477 ГОСТ 4734-69
030	Слюсарна 1. Обпиляти задирки після попередніх операцій, очистити глухі отвори від стружки		Верстак слюсарний	Напилек	
035	Термічна				
040	Торцекругло-шліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø55, Ø48 і торець	Центрові отвори	3T161E	Круг шліфувальний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
045	Контрольна				Стіл контрольний

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ

Лист

61

Перевіримо виконання умови  $K_{y.o.} \leq \prod_{i=1}^n K_{yi}$  :

$$K_{y.o.} \leq K_{y1} \cdot K_{y2} \cdot K_{y3};$$

$$100 < 102,6$$

Отримане значення добутку коефіцієнтів уточнення показує, що при прийнятому маршруті точність обробки поверхні  $\varnothing 55_{(-0,019)}$  забезпечується.

### 3.6. Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання аналітичним методом для операції технологічного процесу обробки деталі «Вал» 015 – токарна ЧПК.

Операція виконується на верстаті моделі 16К20.Т1. Інструменти – різці з платівкою з твердого сплаву Т15К6.

Зміст операції:

- чорнове точіння поверхонь  $\varnothing 52$ ,  $\varnothing 48$ ,  $\varnothing 55$ ,  $\varnothing 64$  і торця.
- чистове точіння поверхонь  $\varnothing 52$ ,  $\varnothing 48$ ,  $\varnothing 55$ , торця і фасок.
- точити 2 канавки  $b = 3$  мм;
- точити канавку  $b = 2,5$  мм;
- нарізати різьбу М55х2-6g.

Розрахунок ведемо для чорнового точіння  $\varnothing 55_{(-0,019)}$  мм, для глибини різання  $t = 1$  мм.

Рекомендована і прийнята за паспортом верстата подача:  $S_0 = 1$  мм/об.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Розрахуємо коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{Mv} = \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \frac{750}{610} = 1,23,$$

де  $n$  – показник ступеня при визначенні складової сили  $P_z$  при обробці різцями дорівнює  $n = 0,75$ ;

$K_{\phi p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив головного кута на силу різання;

$K_{\gamma p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута в плані на силу різання;

$K_{\lambda p}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза на силу різання;

$K_{rp}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині різця.

Знайдемо поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{\Gamma v} \cdot K_{\lambda v} = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,98.$$

Знайдемо швидкість різання за аналітичним розрахунком:

$$V = \frac{C_v}{m \cdot x \cdot y} \cdot K_v = \frac{340}{1 \cdot 0,2 \cdot 0,15 \cdot 0,45} \cdot 0,98 = 169$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

$m$  – показник ступеня по стійкості  $T$ ;

$x$  – показник ступеня при глибині різання  $t$ ;

$y$  – показник ступеня при подачі  $S$ ;

$T$  – значення стійкості;

$t$  – глибина різання;

$S$ – подача.						
						Лист
					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	64
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо значення коефіцієнтів для умов обробки валу, а саме зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями:  $C_v=340$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $T = 30$  хв.

Знайдемо за формулою частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 169}{3,14 \cdot 55} = 979 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаються за паспортом верстата частоту обертання  $n_{np} = 800 \text{ хв}^{-1}$ .

Знайдемо дійсну швидкість різання:

$$n = V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 800}{1000} = 138 \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силу різання:

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86 ,$$

де  $\sigma_B$  – межа міцності при розтягуванні, МПа ,

$n$  – показник ступеня при визначенні складової сили  $P_z$  при обробці різцями дорівнює  $n = 0,75$ .



Знайдемо поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{\text{Мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\lambda\text{р}} \cdot K_{\text{тп}} = 0,86 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8.$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 138^{-0,15} \cdot 0,72 = 1,01 \text{ кН},$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу;

$t$  – глибина різання;

$S$  – подача;

$V$  – швидкість різання.

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1012 \cdot 138}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт}.$$

Виконаємо перевірку потужності двигуна головного приводу верстата  $N_6 = 11 \text{ кВт}$ :

$$N < N_6$$

$$2,3 < 11$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S \cdot n = 1 \cdot 800 = 800 \text{ мм/хв.}$$

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

Визначаємо величину врізання:

$$y = y_{\text{підв}} + y_{\text{вріз}} + y_n = 4 + 6 + 0 = 10 \text{ мм.}$$

Знайдемо довжину робочого ходу інструмента:

$$L = l + y = 218 + 10 = 228 \text{ мм.}$$

Розрахуємо основний час:

$$T_o = \frac{L}{v} \cdot i = \frac{228 + 10}{3000} \cdot 1 = 0,28$$

Визначення режимів різання для всіх наступних операцій виконаємо табличним методом за допомогою довідникової літератури, результати зведемо в таблицю 3.7.

### 3.7. Розрахунок точності операції.

Розрахунок точності виконуємо на операцію 015 – Токарну з ЧПК, чистове точіння поверхонь Ø55, Ø52, Ø48. Допуск на оброблювану поверхню  $\delta = 120 \text{ мкм}$ .

Визначимо похибку, яка обумовлена зносом різального інструмент. Для цього знайдемо шлях різання при  $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$ .

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot n}{1000 \cdot S_0} = \frac{3,14 \cdot (55 \cdot 101 + 52 \cdot 16 + 48 \cdot 82) \cdot 94}{1000 \cdot 0,2} = 15235 \text{ м.}$$

Таблиця 3.7

Зведена таблиця режимів різання для технологічного процесу обробки деталі «Вал»

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання, $l_{різ}$ , мм	Подача $S_o$ , мм/об		Швидкість V, м/хв		Частота обертання, хв <sup>-1</sup>		Хвилини подача Схв, мм/хв	Основний час, То, хв
				розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Фрезерно-центрувальна										
	1. Фрезерувати торці	1	66	1	1	120	101	579	500	2000	0,15
	2. Свердлити центрові отвори	3,15	13,8	0,12	0,12	29	25	1453	1250	150	0,1
015	Токарна с ЧПК	1	218	1	1	169	138	979	800	800	0,28
	1. Чорнове точіння поверхонь Ø55	0,9	117	0,6	0,6	125	109	724	630	378	0,34
	Ø52	1	98	0,6	0,6	125	103	766	630	378	0,29
	Ø48	1,3	82	0,6	0,6	125	121	829	800	480	0,23
	Ø64	1	10	0,6	0,6	125	101	622	500	300	0,04
	2. Чистове точіння поверхонь Ø55,	0,6	101	0,3	0,3	163	138	944	800	240	0,46
	Ø52,	0,5	16	0,3	0,3	150	131	919	800	240	0,11
	Ø48	0,8	82	0,3	0,3	150	121	995	800	240	0,39
	3. Точити 2 канавки b=3 Ø51 Ø47	0,25	3	0,2	0,2	77	65	476	400	80	0,05
		0,25	3	0,2	0,2	77	75	516	500	100	0,04
	4. Точити канавку b=2,5 Ø52	1,5	2,5	0,2	0,2	77	65	472	400	80	0,05
	5. Нарізати різьбу M55x2-6g	2	16	2	2	13	11	75	63	126	0,28
020	Вертикально-фрезерна ЧПК										
	1. Фрезерувати шпонковий паз 14N9	5,5	77	0,015	0,015	27	22	614	500	25	3
	2. Фрезерувати шпонковий паз 16N9	6	61	0,02	0,02	27	25	537	500	25	2,6

025	Вертикально-свердлильна з ЧПК										
	1. Свердлить отв. Ø14	7	53	0,3	0,3	25	22	569	500	150	0,38
	2. Зенкерувати отвір	1	6,5	0,3	0,3	22	20	438	400	120	0,05
	3. Зенкувати фаску	1	1	0,1	0,1	36	34	674	630	63	0,01
040	2. Нарізати різьбу М16	1,25	47	1,25	1,25	10	8	199	160	200	0,47
	Торцекруглошліфувальна										
040	1. Шліфувати поверхню Ø55	0,3	101	-	-	25	22	145	125	0,4	1
	Ø48	0,4	82	-	-	25	24	166	160	0,5	1,04

Тоді похибку, яка обумовлена зносом різального інструменту, визначимо за формулою:

$$\Delta i = \frac{i_o \cdot l}{1000} = \frac{5 \cdot 15232}{1000} = 76 \text{ мкм},$$

де  $i_o$  – відносний знос інструмента на 1000 м шляху різання, для різців з матеріалу ріжучої частини Т15К6 при обробки деталі з вуглеводистої сталі  $i_o = 5 \text{ мкм/км}$ .

Визначимо похибку настройки верстату.

Знайдемо  $\Delta_m$  – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів. Прийнемо миттєву похибку обробки,  $\Delta_{m1} = 10 \text{ мкм}$ ; кількість пробних деталей,  $m = 5$ . Тоді:

$$\Delta_{zm} = \frac{\Delta_{m1}}{\sqrt{m}} = \frac{10}{\sqrt{5}} = 4,4 \text{ мкм}.$$

Прийmemo похибку регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті,  $\Delta_{рег} = 15$  мкм, похибку вимірювання пробних деталей  $\Delta_{вим} = 8$  мкм. Тоді:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{зм}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2} = \sqrt{4,4^2 + 15^2 + 8^2} = 17 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{рег}$  – похибка регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті;  $\Delta_{вим}$  – похибка вимірювання пробних деталей;

$\Delta_{зм}$  – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів, мкм.

При установці деталі в центрах:  $\varepsilon_y^2 = 0$ . Знайдемо сумарну похибку обробки:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_i + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 76 + 17 + \sqrt{15^2 + 0^2} = 108 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_i$  – похибка, обумовлена зносом різального інструменту, мкм;

$\Delta_n$  – похибка настройки верстата, мкм;

$\Delta_{сл} = 15$  мкм поле розсіювання похибок обробки, обумовлених дією випадкових факторів, мкм;

$\varepsilon_y$  – похибка установки заготовки, мкм.

Виконаємо перевірку забезпечення необхідної точності обробки обох поверхонь:

$$\Delta_{\Sigma} < T \text{ тобто } 108 < 120 \text{ мкм},$$

Точність обробки деталі «Вал» при спроектованому технологічному процесі забезпечується.

									Лист
									69
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ				

## ВИСНОВОКИ

Наведено огляд токарного верстату моделі СТД-20М, призначеного для обробки заготовок з невеликими габаритними розмірами.

Наведено проектно – конструкторський розрахунок.

Визначено основні геометричні характеристики вузла технологічного обладнання.

Розраховано ширину шківу та підібрано підшипники, наведено креслення деталі «Вал».

Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вал» та визначено тип виробництва.

Було обрано тип заготовки, метод її отримання та розраховано основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення.

Розроблений технологічний маршрутний процес обробки деталі.

Виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом, розрахунок точності операції.

Обрано матеріал деталі.

Виконано робоче креслення деталі.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ВИСНОВОКИ</b>	Лит.	Лист	Листов
Розроб.	Суржок В.В.						1	1
Перев.	Логунов							
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.	Соколов В.И.							
						СНУ ім. В.Даля кафедра МПМ		

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1 / Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 912 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2 / Дальской А.М. и др. Москва: Машиностроение-1, 2001. 944 с.
3. Горбацевич А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйш. шк., 1983. 256 с.
4. Расчет экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанова и др. Ленинград: Машиностроение, 1990. 512 с.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. Москва: Издат. Стандартов, 1992. 462 с.
6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Ленинград: Машиностроение, 1975. 652 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Москва: Машиностроение, 1971. 384 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Москва: Машиностроение, 1974. 207 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.
10. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 361 с.

					<b>ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b>					
<i>Розроб.</i>		СВРЖОК В.В.						<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев</i>		ЛОГВНОВ О.М.						1	3	
<i>Н. Контр.</i>								<i>СНУ ім. В.Даля</i>		
<i>Утверд.</i>		СОКОЛОВ В.И.						<i>кафедра МПМ</i>		

11. Технология машиностроения / Егоров М.Е. и др. Москва: Высшая школа, 1976. 534 с.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Москва: Машиностроение, 1974. 136 с.
13. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев и др. Москва: Машиностроение, 1986. 480 с.
14. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Москва: Высшая школа, 1969. 480 с.
15. Допуски и посадки. Справочник / под ред. В.Д. Мягкова. Ленинград: Машиностроение, 1978. 1032 с.
16. Маталин А.А. Технология машиностроения. Ленинград: 1985. 496с.
17. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы при сборе машин. Массовое и крупносерийное производства. Москва: Машиностроение, 1973. 143 с.
18. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учебн. пособие / под ред. В.В. Бабука. Москва: Высш. шк., 1987. 255 с.
19. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1989. 24 с.
20. ГОСТ 12080-66. Концы валов цилиндрические. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты. Москва: Изд-во стандартов, 1966. 18 с.
21. ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Основные технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 17 с.
22. ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 7 с.

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		



23. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры. Москва: Изд-во стандартов, 1975. 12 с.

24. Решетов Д.Н. Детали машин. Москва: Машиностроение, 1989. 496 с.

25. Курсовое проектирование деталей машин: учебн. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С.А. Чернавский, и др. Москва: Машиностроение, 1988. 416 с.

26. Киркач Н.Ф. Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для вузов. Харьков, Основа, 1991. 276 с.

27. Введение в Creo Parametric. *Интерактивная справка Creo Parametric* : веб-сайт. URL: [http://support.ptc.com/help/creo/creo\\_pma/russian/index.html#page/tutorials\\_pma/tutorials\\_overview.html#wwconnect\\_header](http://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/russian/index.html#page/tutorials_pma/tutorials_overview.html#wwconnect_header) (дата звернення: 28.04.2020).

					ГМ17ДА.000.00.0024.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

