

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему «Модернізація токарного верстата моделі 16К20Т1.01
з системою ЧПК НЦ-31 для обробки складнопрофільних поверхонь»

Виконав: студент IV курсу, групи ВІ-81-0
спеціальності: _____

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: _____

«Металорізальні верстати та системи»

(назва освітньої програми)

Богдан МЕДВЕДСВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник _____

Андрій ДОВГОПОЛОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент _____

Сергій НЕКРАСОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<u>технічних систем та енергоефективних технологій</u>
Кафедра	<u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>перший (бакалаврський)</u> (назва)
Спеціальність	<u>133 «Галузеве машинобудування»</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>«Металорізальні верстати та системи»</u> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Медведев Богдан Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Модернізація токарного верстата моделі*
16K20T1.01 з системою ЧПК НЦ-31 для обробки складнопрофільних поверхонь

керівник проєкту *Довгополов Андрій Юрійович, канд. техн. наук*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « ____ » _____ 2022 року № ____

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) « *01* » *червня* 2022 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) _____

3.1 Креслення верстата

3.2 Паспорт верстата

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

4.1 Аналіз конструкції пристроїв та механізмів верстата

4.2 Розрахункова частина

4.3 Розширення технологічних можливостей верстата

4.4 Система змащування

4.5 Технологічна частина

4.6 Техніка безпеки та охорони праці при роботі на токарних верстатах з ЧПК

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Загальний вигляд верстату

5.2 Коробка швидкостей

5.3 Пристрій для обробки фасонних поверхонь

5.4 Схема змащування

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	10.05.2022	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.05.2022	
3	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2022	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	25.05.2022	
5	Оформлення креслень та презентації	31.05.2022	

Студент

(підпис)

Богдан МЕДВЕДЄВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Андрій ДОВГОПОЛОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» червня 2022 р.

***МОДЕРНІЗАЦІЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16К20Т1.01 З
СИСТЕМОЮ ЧПК НЦ-31 ДЛЯ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ
ПОВЕРХОНЬ***

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Металорізальні верстати та системи»

Студент

Богдан МЕДВЕДЄВ

Керівник

Андрій ДОВГОПОЛОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 75 с., 17 рис., 5 табл., 19 джерел., 6 додатків

В роботі запропоновані вдосконалення токарного верстату 16К20Т1.01 з системою ЧПК НЦ-31 для обробки складно профільних поверхонь: вибрані спеціальні пристосування, проведені розрахунки та розроблена технологія на обробку деатлі.

Метою дипломної роботи було: вдосконалення верстату 16К20Т1.01 для обробки складнопрофільних поверхонь. Для виконання даного завдання було вибрано пристосування. Для нової пристосувань була створена конструкторська документація. Також в дипломному проекті був розроблений технологічний процес виготовлення деталі Вал. Також була розроблена конструкторська документація, а саме креслення верстата, пристосувань, системи змащування верстата та коробки швидкостей. У розділі охорони праці запропоновані правила охорони праці при роботі на токарному верстаті

Об'єкт дослідження – токарний верстат 16К20Т1.01 з системою ЧПК НЦ31

ВЕРСТАТ 16К20Т1.01, ТОЧІННЯ, ОБРОБКА, СКЛАДНО ПРОФІЛЬНІ
ПОВЕРХНІ, ПРИСТОСУВАННЯ, ВАЛ.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Аналіз конструкції пристроїв та механізмів верстата.....	6
1.1 Загальне компонування верстата.....	6
1.2 Опис роботи окремих вузлів верстата.....	7
1.3 Особливості кінематичної схеми та ланцюгів верстата	11
2 Розрахункова частина	15
2.1 Обґрунтування та попередній розрахунок приводів верстата	15
2.2 Кінематичний розрахунок.....	15
2.2.1 Визначення граничних значень частот обертання шпинделя	15
2.2.2 Визначення проміжних значень частот обертання	15
2.2.3 Розробка структурної формули приводу	17
2.2.4 Визначення кількості конструктивних та кінематичних варіантів... ..	18
2.2.5 Визначення структурних формул кінематичних варіантів	19
2.2.6 Побудова структурних сіток та вибір оптимального варіанта.....	20
2.2.7 Побудова графіка частот обертання	20
2.2.8 Розробка кінематичної схеми приводу.....	20
2.3 Визначення чисел зубів зубчастих коліс.....	21
2.4 Силовий розрахунок.....	25
2.4.1 Визначення прогину шпинделя	25
2.4.2 Розрахунок особливо навантаженого валу.....	27
2.4.3 Розрахунок особливо навантаженого зубчастого зачеплення	31
2.4.4 Розрахунок шліцевого з'єднання	33
2.4.5 Розрахунок пасової передачі.....	34

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Модернізація токарного верстата моделі 16К20Т1.01 з системою ЧПК НЦ-31 для обробки складнопрофільних поверхонь	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Медведєв				3	75	
Перевір.		Довгополов						
Н. контр.		Євтухов				СумДУ ВІ - 81		
Затверд.		Іванов						

ВСТУП

До сучасних верстатів та пристроїв представлені високі вимоги по характеристикам, якості і коректності в роботі. Це забезпечується високою точністю розмірів і якістю оброблених поверхонь деталей машин і приладів. Тому, незважаючи на великі досягнення технології виробництва високоякісних заготовок, метод обробки деталей різанням і роль металорізальних верстатів у машинобудуванні підвищується.

Сучасні металорізальні верстати – це всі види досконалих робочих верстатів, які використовують механічні, електричні, пневматичні та гідравлічні методи руху та керування робочим циклом. Верстатобудування розвивається як кількісно, так і якісно. Точність, продуктивність, потужність, швидкість і надійність машин продовжують покращуватися. Покращено експлуатаційні характеристики та розширено технічні можливості.

У процесі проектування розглядалася модернізація машини моделі 16K20T1.01, тобто роздільна гітара, яка замінила основний рух на коробці передач. Підібрано спеціальне обладнання та розрахунки. Завдяки цим удосконаленням можна обробляти деталі зі складними контурними поверхнями.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						5
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЇВ ТА МЕХАНІЗМІВ ВЕРСТАТА

1.1 Загальне компонування верстата

На рисунку 1.1 показано загальний вигляд верстата. На рис. 1.2 представлена загальна принципова схема кінематичних зв'язків токарно-гвинторізного верстата.



Рисунок 1.1 – Верстат 16K20T1.01

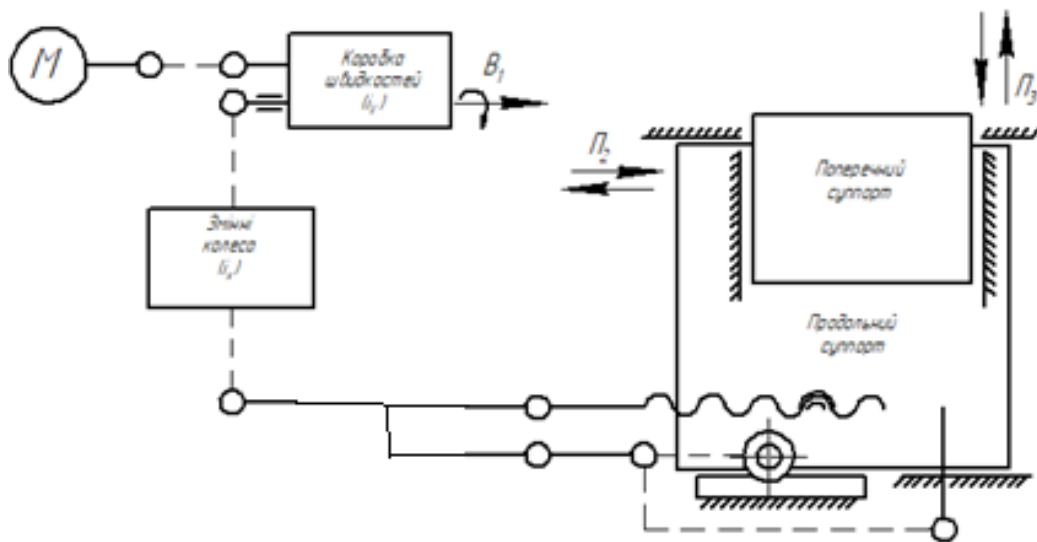


Рисунок 1.2 – Принципова схема кінематичних зв'язків токарно-гвинторізного верстата

1.2 Опис роботи окремих вузлів верстата

Розглянемо основне обладнання та вузли верстата.

Основою верстата є цільна відливка монтажної рами.

У лівій ніші бази є блок двигуна і автоматична коробка передач на задній частині бази. Середня частина основи служить резервуаром для стружки і охолоджуючої рідини.

Початковий простір є резервуаром для теплоносія, в якому встановлений охолоджуючий насос.

Рама верстата - П-подібна коробчата з поперечними ребрами, спрямована нагрів, заземлена. Для переміщення каретки використовуються призматичні передні та плоскі задні рейки однакової довжини. З правого боку станини закріплений привод.

Привод основного сердечника складається з установки з асинхронним двигуном, автоматичної 9-ступінчастої коробки передач, шпindelної головки, з'єднаної клинопасовою передачею. У шпindelній головці передбачено ручне перемикання трьох передач 1:4 і 1:2,5, а 9-ступінчаста коробка передач забезпечує 22 швидкості шпинделя в діапазоні 12,5-200; 50-800 і 125-2000 об/хв (9 у кожній діапазон) в основному варіанті верстата з електродвигуном 1460 об/хв.

Нарізання різьби здійснюється фотоелектричним датчиком, встановленим на шпindelі бабки.

Коробка передач, встановлена на верстаті, має 6 електромагнітних муфт, у тому числі ці муфти в певному порядку дозволяє отримати 9 передач і гальмувати головний вал верстата. Схема електромагнітних муфт наведена на рисунку 1.3

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		7

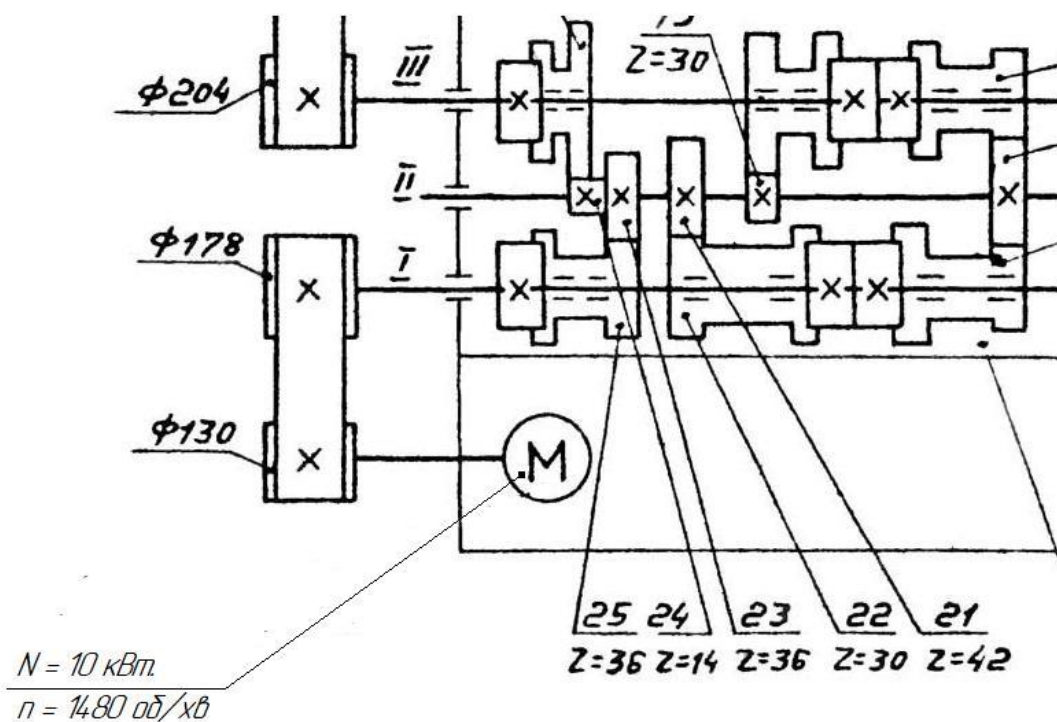


Рисунок 1.3 – Схема електромагнітних муфт

Привод подачі встановлений в задній частині каретки і складається з приводного двигуна, одноступінчастої коробки передач і кульково-гвинтової гайки номінальним діаметром 40 мм і кроком 5 мм. Редуктор доступний у 2 варіантах: для електрогідравлічних крокових приводів і для монтажу двигунів постійного струму. Така конструкція передбачає можливість монтажу датчика зворотного зв'язку. Супорти і каретки - Традиційні типи відключаються за рахунок збільшення висоти кареток і супортів для збільшення жорсткості і можливості установки гвинта, діаметр подачі 40 мм.

Передня бабка. Установка осі шпинделя передньої бабки на центральній розрахунковій лінії верстата завершується двома гвинтами. Підбір радіального зазору заднього підшипника і компенсація теплової деформації здійснюються під дією пружини. Підшипники регулюються на верстатобудівному заводі і не потребують регулювання під час роботи верстата. У верстатах 16K20T1.01 у передній бабці встановлюється датчик різьбонарізання.

Для безперервного вимірювання люфту в редукторному приводі шестерні завжди кріпляться за допомогою пружин. Окрема технологія датчика має 1000

імпульсів на оберт і 1 нульовий імпульс для індикації «нульового» положення шпинделя, при нарізанні різі.

Змащення головки шпинделя централізоване.

Привід поздовжньої подачі - включає одноступінчастий редуктор, кріплення пропелера і гайку з кульковим підшипником, номінальний діаметр 63 мм з кроком 10 мм.

Коробка передач доступна в двох версіях: для гідравлічних крокових приводів і для монтажу двигунів постійного струму. Така конструкція передбачає можливість монтажу датчика зворотного зв'язку.

Інструментотримач поворотний 16K20T1. Це 6-позиційний вузол з реверсивною горизонтальною віссю, встановленим на бічній супорті. Вбудуйте спеціальну інструментальну головку: 6 лез або 3 блоки інструментів.

Як пристосування для закріплення різального інструменту використовується поворотний різцетримач, див. 1.4 У цій спеціальній інструментальній головці встановлюють шість різців-вставок чи три інструментальні блоки.

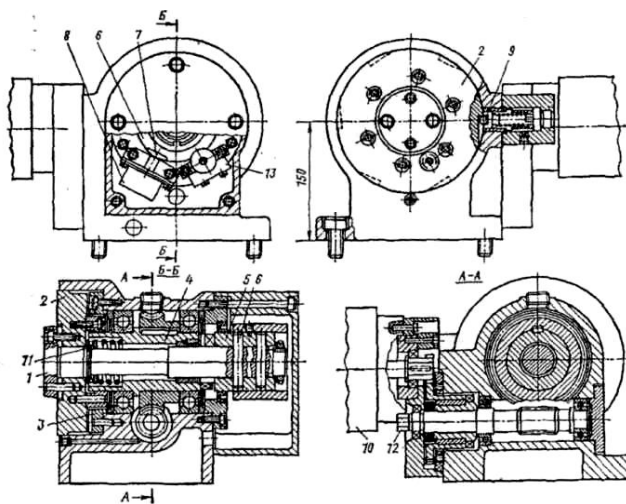


Рисунок 1.4 – Поворотний різцетримач

Знімну інструментальну головку встановлюють на вихідному валу 1 різцетримача. Див рис.1.6. Головка пов'язана з рухомою частиною 2 плоскозубою муфтою. Різцетримач повертається електродвигуном 10 через зубчасті колеса, черв'ячну передачу і кулачкову муфту 4 частина 5 якої жорстко пов'язана з валом

різцетримача. У початковий момент руху цієї кулачкової муфти вал 1 переміщується вліво; відбувається розчеплення плоскозубої муфти 2-3 та поворот у потрібну позицію.

Поворот визначається сигналами, що надходять від відповідних кінцевих вимикачів 8, що замикаються упорами 7, встановленими на кільці 6. Потім відбувається реверсування електродвигуна. Муфта 4 починає обертатися в інший бік. Рухлива частина 2 плоскозубої муфти з інструментальною головкою утримується від повороту фіксатором 9.

Кулачки напівмуфти 5 стискають пружину 11, і рухлива частина 2 плоскозубої муфти фіксується на зубцях нерухомої напівмуфти. Від кінцевого вимикача 13 затискача подається знак відключення приводного електродвигуна і початок робочого циклу обробки. Для повороту та затиску різцетримача руками при налагодженні верстата валу 12 є головка під ключ.

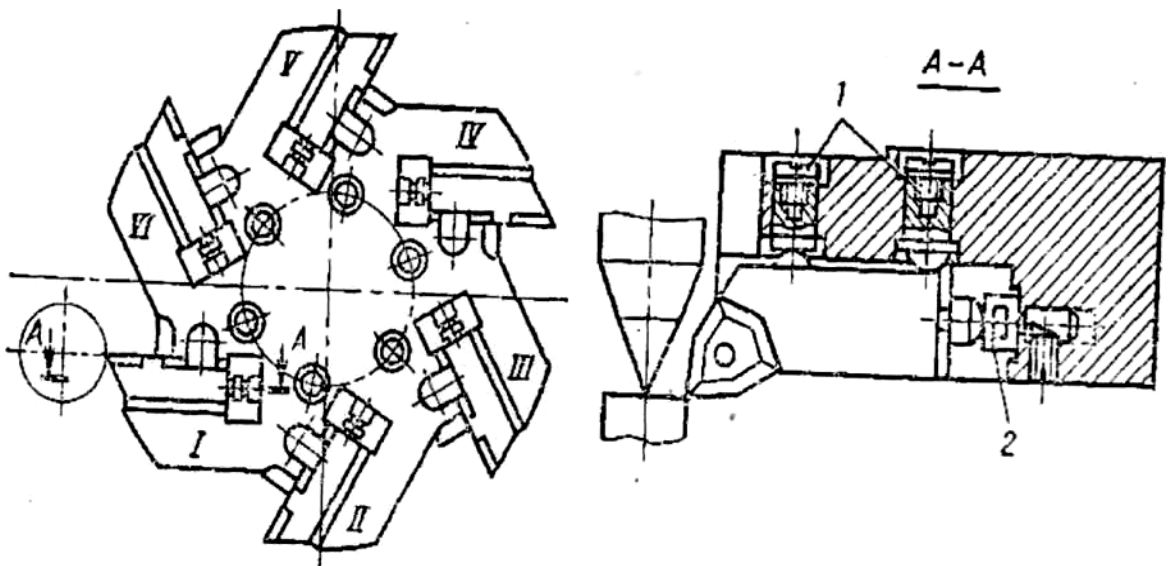


Рисунок 1.6 – Інструментальна головка

Отже, інструментальна головка призначена для встановлення в ній різцевих вставок чи інструментальних блоків. Різкові вставки, заздалегідь налаштовані на розмір, встановлюють пази головки і базують гвинтами 1 і упорами 2.

Таким чином, інструментальна знімна головка, встановлюється на вихідному валу різцетримача і жорстко пов'язана з рухомою частиною плоскозубчастої

муфти. Поворот здійснюється від електродвигуна через черв'ячну передачу, обертання передається на кулачкову муфту.

Для ручного повороту та затиску різцетримача при налагодженні верстата на валу 12 передбачена головка під ключ.

Огородження – нерухоме, щитового типу зі знімними щитками з заднього боку верстата та переднє рухоме з прозорим екраном для спостереження, повністю закриває зону різання.

Поворотна різцетримач розрахована на встановлення знімних інструментальних блоків, попередньо налаштованих на задані розміри поза верстатом у спеціальних пристосуваннях.

1.3 Особливості кінематичної схеми та ланцюгів верстата

Залежно від універсальності, кінематична структура токарного верстата може мати різні групи або деякі з них. Найбільш складна кінематична структура у токарно-гвинторізного верстата.

Подана на рисунку 1.7 кінематична структура забезпечує виконання всіх виконавчих рухів, необхідних для формоутворення: переміщення інструменту (настановне) для отримання заданого розміру здійснюється механізмами подачі ; врізання, наприклад, при обробці канавки, – механізмом поперечної подачі розподіл виконується поворотом шпинделя із заготівлею.

Загальний вигляд кінематичної схеми верстата наведено на рисунку 1.7.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		11

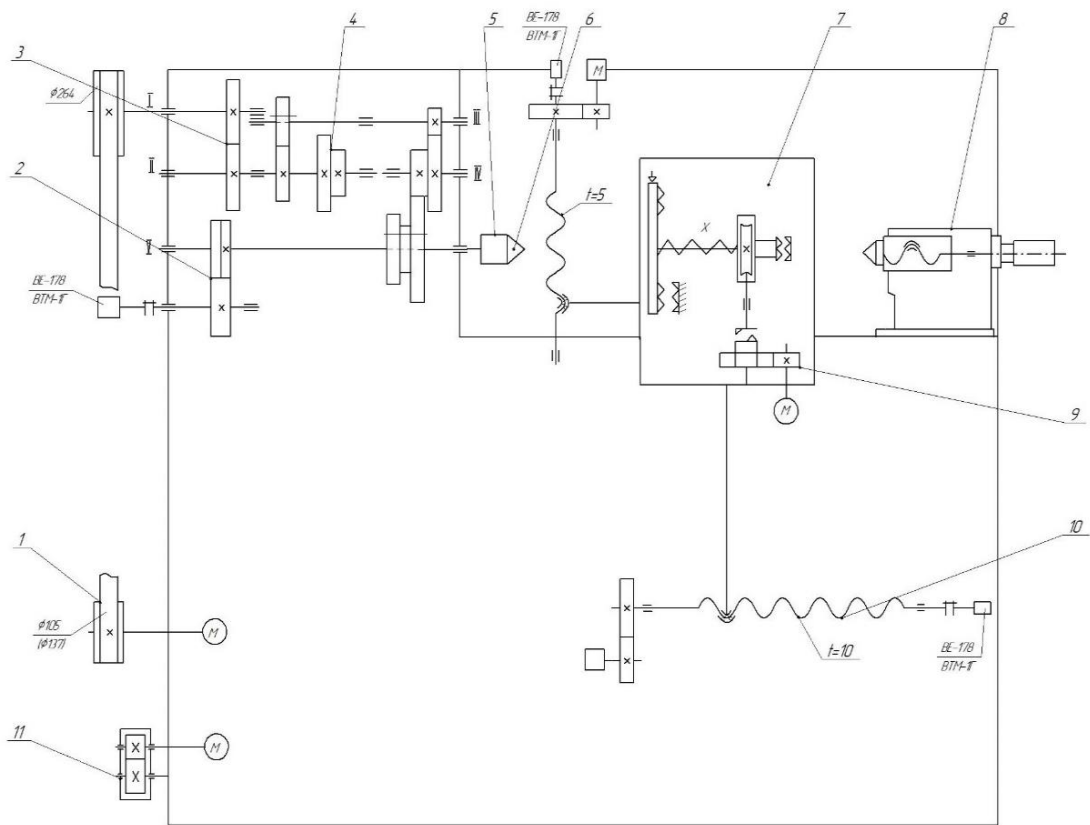


Рисунок 1.7 – Кінематична схема верстата 16K20T01.1

Головне рух шпиндель V1 отримує від електродвигуна М. ($N=10$ кВт, $n=1460$ мін-1) через клинопасову передачу з діаметрами шківів $D=130$ мм і $D=178$ мм, коробка швидкостей, клинопасову передачу зі шківами $D=204$ мм і $D=274$ мм і передачі шпindelної бабки. коробка швидкостей забезпечує дев'ять частот обертання шпинделя, що перемикаються в циклі, за рахунок включення електромагнітних муфт.

Вал II має три значення частоти обертання завдяки перемикачу муфт M_1, M_2, M_3 (відповідно працюють передачі $z=36-36$ або $z=30-42$ або $z=24-48$).

Вал III обертається вже з дев'ятьма різними частотами обертання: при включенні муфти M_4 працює зубчаста пара $z=48-24$, муфти M_5 – пара $z=30-42$, муфти M_6 – пара $z=14-56$. Одночасним включенням муфт M_4 та M_6 здійснюється гальмування шпинделя. У шпindelній бабці перемиканням блоку Б1 вручну можна отримати три діапазони частот обертання шпинделя (12,5...200; 50...800 і 125...2000 хв-1).

У положенні блоку Б1 рух з валу V на шпindelь передається через зубчасті пари $z = 45 - 45$, $z = 18 - 72$, $z = 30 - 60$. При переміщенні блоку Б1 ліворуч шпindelь V1 отримає обертання від валу V через передачі $z = 60 - 48$ або $z = 30 - 60$.

Рівняння кінематичного балансу для мінімальної частоти обертання шпindelя

$$n_{\min} = 1460 \cdot \frac{130}{178} \cdot 0,95 \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{14}{56} \cdot \frac{204}{274} \cdot 0,985 \cdot \frac{47}{47} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} = 12,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Змашування шпindelної бабки автоматичне централізоване. Шпindel змонтований на двох конічних роликopідшипниках 5-го або 4-го класу точності, залежно від класу точності верстата.

Датчик різьбонарізання ДР, пов'язаний зі шпindelем беззорою зубчастою парою $z = 60 - 60$, здійснює зв'язок між шпindelем і ходовим гвинтом, виходячи з умови, що за один оборот шпindelя різець повинен переміститися на величину кроку різьби, що нарізається.

Приводи подач мають два виконання: з гідравлічним кроковим приводом і електродвигуном постійного струму.

У верстаті застосовані електрогідравлічні крокові двигуни ШД5-Д1 з гідропідсилювачем Е32Г18-23 для поздовжньої подачі та гідропідсилювачем Е32Г18-22 для поперечної подачі. Гвинт кочення поздовжньої подачі з кроком $t = 10$ мм отримує обертання від двигуна через беззорий редуктор $z = 30 - 125$, а гвинт поперечного переміщення з кроком $t = 5$ мм від гідропідсилювача через беззору передачу.

Мінімальна поперечна подача

$$S_{\text{nop.min}} = \frac{1}{240} \frac{24}{100} 5 = 0,005 \text{ мм},$$

де $\frac{1}{240}$ – мінімальна частка обороту вихідного валу гідропідсилювача при кроці вихідного валу крокового двигуна $1,5^\circ$.

При використанні двигунів постійного струму на ходові гвинти встановлюють датчики зворотного зв'язку.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						13
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Супорт і каретка мають традиційний пристрій, але їх розміри збільшені по висоті у зв'язку зі збільшенням розміру гвинта поперечної подачі та підвищення жорсткості.

Задня бабка має жорстку конструкцію. Переміщення пінолі здійснюється за допомогою електромеханічної головки через гвинт із кроком $t=5$ мм. сталість напруги затискача заготовки забезпечується тарілчастими пружинами.

Загальний вигляд верстату наведено в Додатку А.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування та попередній розрахунок приводів верстата

Виходячи з конструктивних особливостей сучасних верстатів, ми вибрали окремий варіант компоновання механізму головного приводу, що включає одношвидкісний електродвигун, автоматичну коробку передач (редуктор) і шпіндельну головку, механізм діапазону.

2.2 Кінематичний розрахунок

2.2.1 Визначення граничних значень частот обертання шпінделя

На основі розрахунку режиму різання та обертів шпінделя з попереднього досвіду та з урахуванням розмірів визначається граничне значення швидкості та отримують наступні результати.

Виходячи стандартного діапазону значень коефіцієнта, припускаючи можливість використання пристрою при зміні діапазону розмірів або виходячи з властивостей матеріалу деталей, що обробляються. Все це значно розширить область застосування верстата. Отже, приймаємо:

$$n_{\min} = 20 \text{ об/хв,}$$

$$n_{\max} = 2240 \text{ об/хв.}$$

Отримуючи при цьому діапазон регулювання чисел оборотів

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{2240}{20} \approx 112, \quad (2.1)$$

Бачимо, він знаходиться в допустимих межах для даного типу верстатного токарного обладнання.

2.2.2 Визначення проміжних значень частот обертання

Проведемо визначення проміжних значень частот обертання. Воно проводиться в обумовлених межах і проводиться за знаменником геометричного ряду φ .

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		15

Виберіть значення знаменника зі стандартного діапазону, яке найкраще відповідає умовам експлуатації та рекомендоване для цього типу обладнання, а саме, $\phi = 1,26$.

Маючи стандартний діапазон регулювання чисел оборотів шпинделя R_n та знаменник геометричного ряду ϕ , визначаємо число ступенів швидкості шпинделя:

$$z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \phi} = 1 + \frac{\lg 112}{\lg 1,26} = 1 + \frac{2,2034}{0,1004} = 22. \quad (2.2)$$

За прийнятими значеннями геометричного ряду $\phi = 1,26$ в межах діапазону регулювання R_n складаємо ряд чисел оборотів для числа щаблів швидкості шпинделя $z = 22$, обмежений граничними значеннями:

$U_1 = U_{\min} = 20$	160
28	200
31	250
40	325
46	400
50	500
55	630
58	800
63	900
84	1250
93	1600
100	2000
120	$U_{22} = U_{\max} = 2240$
160	

Всі значення складеного ряду прийняті з ряду та переважних значень.

2.2.3 Розробка структурної формули приводу

Оскільки ми вибрали привід з регулюванням діапазону, то найточніше його можна досягти за допомогою складного приводу, що дозволяє досягти бажаного діапазону швидкостей оптимальним способом.

Формула приводу: $z = z_0(i + z_1)$, вона являє собою структуру розмножувального типу (тип А) з частковим випаданням або збігом швидкостей для досягнення необхідного діапазону регулювання з передавальним щаблем та однією додатковою структурою (z_1).

Оскільки привод роздільний, то основну структуру (z_0), що бере участь у створенні як свого, так і інших діапазонів регулювання, відносимо до автоматичної коробки швидкостей, а передавальний ступінь та додаткову структуру з однією кінематичною групою – до шпindelьної бабки.

Розподіляючи кількість ступенів швидкості при складній структурі приводу, приймаємо $z_0 = 12$ як одне з можливих значень для стандартизованих автоматичних коробок швидкостей, а $z_1 = 2$, що дозволяє отримати необхідну загальну кількість ступенів швидкості $z = 22$, причому із збігом деяких швидкостей. Для прийнятого числа щаблів основної структури можливі такі структурні формули:

$$z = 12 = 3 \cdot 2 \cdot 2,$$

$$z = 12 = 2 \cdot 3 \cdot 2,$$

$$z = 12 = 2 \cdot 2 \cdot 3,$$

$$z = 12 = 3 \cdot 4,$$

$$z = 12 = 4 \cdot 3.$$

Але оскільки заздалегідь обумовлено, що основну структуру формує автоматична коробка швидкостей, у якій перемикання передач здійснюється електромагнітними муфтами, то для розвантаження вхідного та вихідного валів переважно використовувати структурну формулу виду $z = 2 \cdot 3 \cdot 2$.

Формула задовольняє вимоги проектування приводу.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						17
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, структурну формулу приводу можна визначити так: $z = 2 \cdot 3 \cdot 2(i + 2)$.

При застосування приводу, що використовують інші структурні формули з базовою структурою, якщо у драйвера є вимоги до характеристики компоновання пристрою і в першу чергу конструктивної реалізації.

2.2.4 Визначення кількості конструктивних та кінематичних варіантів

Варіативність структури залежить від порядку побудови груп і порядку кінематики, що містить (головна група, перша контрольна точка, друга тощо).

У складних конструкціях кількість варіантів буде більше. Варіантів буде більше.

Кількість варіантів для основної структури :

$$B_{0\text{кон}} = \frac{k_0!}{m_0!} . \quad (2.3)$$

де k_0 - кількість груп передач; m_0 - кількість груп із однаковим числом передач.

За даним співвідношенням розраховується кількість варіантів для додавкової структури. Загальна кількість варіантів проектування з урахуванням того, що основна структура може конструктивно передувати і слідувати за додатковими структурами $B_{\text{кон}} = 2 \cdot B_{\text{кон}} \cdot B_{1\text{кон}}$; отже

$$B_{\text{кон}} = 2 \cdot \frac{3!}{2!} \cdot \frac{1!}{1!} = 6 .$$

Але оскільки в нашому випадку конструктивне розташування конструкції обумовлено загальним числом конструктивних варіантів, буде

$$B_{\text{кон}} = \frac{3!}{2!} \cdot \frac{1!}{1!} = 3 .$$

Приводи зі складною структурою можуть мати k груп передач, тобто. $k = k_0 + k_1 + \dots$. Причому кожна група може бути основною, першою, другою тощо. перебірний. Звідси кількість кінематичних варіантів:

$$\begin{aligned} B_{\text{кин}} &= (k_0 + k_1 + \dots), \\ B_{\text{кин}} &= (3 + 1)! = 4! = 24 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Загальна кількість варіантів приводу

$$B = B_{\text{кон}} \cdot B_{\text{кин}} \quad (2.5)$$

Отже, для розробленої структурної формули $B = 6 \cdot 24 = 144$, а для нашого варіанту розташування структур $B = 3 \cdot 24 = 72$.

Усі варіанти приводу допустимі для здійснення, але у кожному разі необхідно враховувати можливість конструктивної реалізації.

2.2.5 Визначення структурних формул кінематичних варіантів

Оскільки існує багато варіантів складних структурних формулювань розроблених приводів, то для їх скорочення ми обмежимо умови компоновання приводів: основна структура дозволяє змінювати характеристики групи, а додаткова використовується для досягнення бажану кількість ступенів швидкості. На підставі вищевикладеного ми склали структурну формулу згідно з рекомендаціями літератури.

$$z = 2[1] \cdot 3[2] \cdot 2[6](i + 2[6]),$$

$$z = 2[1] \cdot 3[4] \cdot 2[2](i + 2[6]),$$

$$z = 2[3] \cdot 3[1] \cdot 2[6](i + 2[6]),$$

$$z = 2[6] \cdot 3[1] \cdot 2[2](i + 2[6]),$$

$$z = 2[6] \cdot 3[2] \cdot 2[1](i + 2[6]),$$

$$z = 2[2] \cdot 3[4] \cdot 2[1](i + 2[6]).$$

Універсальна структура дозволяє отримати 36 ступенів швидкості. Змінюючи (зменшуючи) властивості додаткової структури, отримуємо відповідність 6 швидкостей, тому кількість ступенів швидкості зменшиться до 27.

Досягнення необхідного числа швидкостей $z = 22$ досягаємо варіюванням передавальної шаблі.

2.2.6 Побудова структурних сіток та вибір оптимального варіанта

За раніше прийнятих умов за основу зберігається можливість зміни групового індексу, тому побудова структурної сітки, вибір певних структурних формул і оптимальної схеми ґрунтуються лише на базовій структурі.

Вибір оптимального рішення здійснюється за критеріями оптимальності, але цим критеріям більш повно задовольняє структурна сітка за структурною формулою:

$$z = 2[1] \cdot 3[2] \cdot 2[6](i + 2[6]).$$

На основі оптимального варіанту обраної конструкції структури побудуємо загальну структурну сітку з урахуванням впливу ремінних передач на співвідношення редукторів від двигуна до коробки передач і від редуктора до бабки шпинделя.

2.2.7 Побудова графіка частот обертання

На розробленій структурній сітці ми встановили графік частот обертання з урахуванням оптимальних факторів і можливостей техніко-конструктивної реалізації для визнаного розташування обладнання з найвищим ККД.

2.2.8 Розробка кінематичної схеми приводу

Для кінематичних розрахунків приводів використовували графо-аналітичний метод, у якому послідовно будують структурну сітку та графік чисел оборотів.

Структурна сітка містить такі дані про привод: кількість груп, передач, число передач у кожній групі, відносний порядок конструктивного розташування груп вздовж ланцюга передач, порядок кінематичного включення груп, діапазон регулювання групових передач і всього приводу число ступенів швидкості обертання ведучого і веденого валів групової передачі.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		20

кількість зубів шестерні також визначається окремо: бабка шпинделя (шестерня селектора) і коробки швидкостей.

Коробка швидкостей

Визначення починається з включення пари шестерень з найменшим передаточним відношенням, набору передач між осями III і IV.

Визначаємо найменше кратне до сум $(f_x + g_x)$ навіщо передавальні відносини виражають як простих дробів з чисельником f_x та знаменником g_x , причому так, щоб $(f_x + g_x)$ були числа, що розкладаються на прості множники.

$$i_1 = \frac{1}{\varphi^{5,5}} = \frac{z_1}{z_1'} = \frac{1}{1,26^{5,5}} = \frac{1}{3,56} = \frac{2}{7},$$

$$i_2 = \varphi^2 = \frac{z_2}{z_2'} = \sqrt{1,26} = 1,12 = \frac{8}{7}.$$

$$\text{Отже } f_1 + g_1 = 2 + 7 = 9 = 3 \cdot 3 \\ f_1 + g_1 = 8 + 7 = 15 = 3 \cdot 5$$

Звідси найменше загальне кратне $(f_1 + g_1)$ буде $k = 3 \cdot 3 \cdot 5 = 45$.

Визначаємо E_{\min} для мінімального передавального відношення i за формулою:

$$E_{\min} = \frac{z_{\min}(f_x + g_x)}{k \cdot f_x} = \frac{17 \cdot (2 + 7)}{45 \cdot 2} = 1,7. \quad (2.6)$$

Отримане значення округляємо до цілого числа $E = 2$.

Сума чисел зубів сполучених коліс $2z_0 = k \cdot E = 45 \cdot 2 = 90$.

Отримані кількості вказані згідно нормування Н21-5 з урахуванням міжцентрової відстані та модуля колеса $m = 3$ мм, як шестерень, які найчастіше використовуються для цієї мети.

Остаточний вибір модуля можна буде зробити після розрахунку найбільш навантаженого зубчастого колеса, а також для міжосьової відстані $A = 150$ мм при використанні необхідного розміру електромагнітної муфти.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		22

Визначаємо числа зубів сполучених коліс:

$$z_1 = 2z_0 \frac{f_x}{f_x + g_x} = 100 \frac{2}{2+7} = 22, \quad (2.7)$$

$$z_1' = 2z_0 \frac{f_x}{f_x + g_x} = 100 \frac{7}{2+7} = 78,$$

$$z_2 = 100 \frac{8}{8+7} = 52,$$

$$z_2' = 100 \frac{7}{8+7} = 48,$$

$$z_1 + z_1' = z_2 + z_2' = 22 + 78 = 52 + 48 = 100.$$

Проведемо розрахунок решти груп передач. Враховуємо у свої вимоги щодо уніфікації проєктованих вузлів, тобто. закладаємо для інших груп передач такі самі, як і в попередній групі модуль зубчастих коліс мм, міжосьова відстань $A = 150$ мм, і, отже, суму чисел зубів сполучених коліс $2z_0 = 100$.

Група передач між валами I та III розрахуємо так.

Виражаємо передавальні відносини у вигляді простих дробів:

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^{3,5}} = \frac{z_3'}{z_3} = \frac{1}{1,26^{3,5}} = \frac{1}{2,24} = \frac{5}{11},$$

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^{1,5}} = \frac{z_4'}{z_4} = \frac{1}{1,26^{1,5}} = \frac{1}{1,41} = \frac{5}{7},$$

$$i_5 = \varphi^2 = \frac{z_5'}{z_5} = \sqrt{1,26} = 1,12 = \frac{8}{7}.$$

Оскільки сума чисел зубів сполучених коліс нами задана $2z_0 = 100$, то визначаємо числа зубів за формулами:

$$z_3 = 100 \frac{5}{5+11} = 30,$$

$$z_3' = 100 \frac{11}{5+11} = 70,$$

$$z_4 = 100 \frac{5}{5+7} = 42,$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$z_4' = 100 \frac{7}{5+11} = 58,$$

$$z_5 = 100 \frac{8}{8+7} = 52,$$

$$z_5' = 100 \frac{7}{8+7} = 48,$$

$$z_3 + z_3' = z_4 + z_4' = z_5 + z_5' = 30 + 70 = 42 + 58 = 52 + 48 = 100.$$

Визначення кількості зубів шестерні є попереднім і уточнюється після розрахунку конструктивного підбору розмірів модуля шестерні та електромагнітної муфти, а також розрахунку інших елементів і вузлів.

Розрахунок бабки.

Розрахунок починається з набору передач, що містить пару з найменшим передавальним числом, тобто. Передача між осями VII і VIII. Оскільки група має одну передачу, кількість зубів визначається виходячи з мінімальної кількості зубів $z_{\min} = 17$. Приймаємо $z = z_{\min} = 17$, тоді сполучене колесо буде

$$z_1' = \frac{z_1}{i_1} = 17 \cdot 1,26^6 = 17 \cdot 4 = 68, \text{ а сума } 2z_0 = z_1 + z_1' = 17 + 68 = 85.$$

Суму зубів уточнюємо за модулем коліс $m = 3$ мм, обраного раніше як найбільш використовуваний для зубчастих коліс заданого призначення, а так само для міжосьової відстані $A = 135$ мм, імовірно необхідного за конструктивними припущеннями.

Зі співвідношення $z_x + z_x' = 2z_0$ и $\frac{z_x'}{z_x} = i$ визначаємо числа зубів z_i ; $i \cdot z_x' = 2z_0$,

$$\text{отже } z_x = \frac{2z_0}{i+1}; z_1' = \frac{90}{(1/4)+1} = 18; \text{ а сполучене колесо буде } z_1 = 2z_0 - z_1' = 90 - 72 = 18.$$

Переходимо до груп передач, що залишилися, враховуючи при цьому вимоги по уніфікації проєктованих вузлів, тобто закладаємо для інших груп передач такі ж, як і в попередній групі модуль зубчастих коліс $m = 3$ мм, та міжосьової відстані $A = 135$ мм, і, отже, суму чисел зубів сполучених коліс $2z_0 = 90$.

Група передач між валами VI та VII, а також VIII та IX, що мають одиночні передачі з однаковим передавальним відношенням. Оскільки сума чисел зубів

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		24

сполучених коліс нами задана $2z_0 = 90$, то визначаємо числа зубів із співвідношення

$$z_x = \frac{2z_0}{i+1}, \text{ де } i - \text{ для даної передачі буде } i_2 = i_3 = \frac{1}{4^3} = \frac{1}{1,26^3} \cdot \frac{1}{2}, \text{ тоді } z_2 = z_3 = \frac{90}{(1/2)+1} = 60,$$

а сполученого колеса $z_2 = z_3 = 2z_0 - z_2' = 2z_0 - z_3 = 90 - 60 = 30$.

2.4 Силовий розрахунок

2.4.1 Визначення прогину шпинделя

Група передач між валами V і VI, що містить передачу одиночну. Оскільки сума чисел зубів сполучених коліс нами задана $2z_0 = 90$, то визначаємо числа частот обертання (перша швидкість другої чверті, $n = 35$ об/хв)

$$P = \frac{2M}{D},$$

де M - крутний момент на шпинделі, D - діаметр на шпинделі (м), $M = \frac{9750N}{n}$

де N – потужність на шпинделі при розрахунковій частоті обертання кВт, n – розрахункова частота обертання об/хв,

$$M = 9750 \cdot \frac{8,1}{35} = 3237 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad \text{Отже: } P = \frac{2 \cdot 3237}{0,08} = 93 \text{ кН}.$$

Навантаження від зубчастої передачі окреслюється сума проєкцій сил зачеплення на площину сили різання.

$$R = R_z \cdot \sin 30 + R_t \cos 30, \quad (2.8)$$

де R_z - радіальна сила зачеплення, Н;

R_t - окружна сила зачеплення, Н.

$$R_t = \frac{2M}{D}, \quad (2.9)$$

де M - крутний момент, Н·м;

D - діаметр колеса.

$$R_t = \frac{2 \cdot 3160}{0,18} = 34,6 \text{ кН}.$$

									Лист
									25
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата	ВІ 20510117 – 00 ПЗ				

$$R_z = R_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_n = R_t \cdot \operatorname{tg} 20 = 35,1 \cdot 0,36 = 12,34 \text{ кН.} \quad (2.10)$$

Отже:

$$R = 12,8 \cdot \sin 30 + 35,1 \cdot \cos 30 = 12,8 \cdot 0,5 + 35,1 \cdot 0,866 = 6,4 + 4 = 38,3 \text{ кН.}$$

Визначаємо реакції опор під навантаженням:

$$\sum M_A: R \cdot 0,4 - R_B \cdot 0,55 + P \cdot 0,76 = 0,$$

$$R_B = \frac{R \cdot 0,4 + P \cdot 0,76}{0,55} = \frac{36,6 \cdot 0,4 + 79 \cdot 0,76}{0,55} = \frac{14,72 + 60,1}{0,55} = 142 \text{ кН,}$$

$$\sum M_A: -R_A \cdot 0,55 - R \cdot 0,15 + P \cdot 0,21 = 0,$$

$$R_A = \frac{R \cdot 0,21 + P \cdot 0,15}{0,55} = \frac{79 \cdot 0,21 + 36,8 \cdot 0,15}{0,55} = \frac{16,59 + 60,1}{0,55} = 24,7 \text{ кН.}$$

Записуємо формули вантажних моментів за ділянцями:

$$\text{I ділянка: } 0 \leq z \leq 0,4 \quad M_x' = R_A \cdot z_1,$$

$$\text{II ділянка: } 0 \leq z \leq 0,21 \quad M_x'' = P \cdot z_2,$$

$$\text{III ділянка: } 0 \leq z \leq 0,15 \quad M_x''' = P(0,21 + z_3) - R_B \cdot z_3.$$

Для визначення величини прогину навантажують шпindel у точці визначення прогину одиничною силою.

Визначаємо реакції опор при одиничному навантаженні:

$$\int_0^{z_1} M_x' \cdot M_1' dz_1 = \int_0^{0,4} R_A \cdot z_1 \cdot (-R_A \cdot z_1) dz_1 = -R_A \cdot R_A \cdot z_1 \left. \frac{3}{3} \right|_0^{0,4} = 0,154 \text{ кН} \cdot \text{м}^3$$

$$\int_0^{z_2} M_x'' \cdot M_1'' dz_2 = \int_0^{0,21} R_{z_2} \cdot (z_2) dz_2 = -P \cdot z_2 \left. \frac{3}{3} \right|_0^{0,21} = 0,244 \text{ кН} \cdot \text{м}^3$$

$$\begin{aligned} \int_0^{z_3} M_x''' \cdot M_1''' dz_3 &= \int_0^{0,15} (0,21 \cdot P + z_3 \cdot P - R_B \cdot z_3) \cdot (R_B \cdot z_3 - 0,21 - z_3) dz_3 = \\ &= [0,21 \cdot P \cdot R_B \cdot z_3 \frac{2}{2} - (0,21)^2 \cdot P \cdot z_3 - 0,21 \cdot P \cdot z_3 \frac{2}{2} + P \cdot R_B \cdot z_3 \frac{3}{3} - 0,21 \cdot P \cdot z_3 \frac{2}{2} \cdot P \cdot z_3 \frac{3}{3} - \\ &- R_B \cdot R_B \cdot z_1 \frac{3}{3} + 0,21 \cdot R_B \cdot z_3 \frac{2}{2} + R_B \cdot z_3 \frac{3}{3}]_0^{0,5} = -0,336 \text{ кН} \cdot \text{м}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Отже: } y = -\frac{0,154 + 0,244 + 0,336}{EJ_x} = \frac{-0,73}{EJ_x}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		26

Визначаємо момент інерції:

$$J_x = \frac{\pi(D-d)^4}{64} = \frac{3,14 \cdot (80-54)^4}{64} = 2,26 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad . \quad (2.11)$$

Визначаємо величину прогину:

$$y = -\frac{0,748}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 2,26 \cdot 10^{-8}} = -0,159 \text{ мм.}$$

Величина прогину знаходиться в допустимих межах, а знак "-" означає, що напрямок прогину протилежно обраному на схемі одиничного навантаження. Отже, шпindelний вузол працює в межах допустимих значень.

2.4.2 Розрахунок особливо навантаженого валу

Міцність спеціально навантаженого валу розраховується для визначення діаметра (мінімального) валу за рахунок згинальних моментів. Як спеціально навантажений вал ми приймаємо вхідний вал автоматичної коробки передач. У розрахунку використовуємо навантаження від шестерень, клинопасової передачі і крутний момент. Визначення зусилля від передач: окружне і радіальне

$$R_t = 2M / D, \quad (2.12)$$

де M - крутний момент, Н.м,

D - діаметр колеса, м

Крутний момент визначаємо за формулою

$$M = 9750 \frac{N}{n}, \quad (2.13)$$

де N - максимальна передавальна потужність, кВт,

n - мінімальна частота обертання валу, об/хв.

$$N = N_s \cdot \eta, \quad (2.14)$$

де N_s - потужність електродвигуна, кВт,

η - ККД приводу (для токарних верстатів $\eta = 0,7$). Отже:

$$N = 10 \cdot 0,7 = 7 \text{ кВт,}$$

$$M = 9750 \cdot 7 / 125 = 820 \text{ Н.м,}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						27
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_t = 2 \cdot 820 / 0,24 = 6840 \text{ Н,}$$

$$R_z = R_t \operatorname{tg} a = R_t \operatorname{tg} 20^\circ = 6840 \cdot 0,364 = 2490 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля від клинопасової передачі, яка дорівнює геометричній сумі натягу гілок.

При спрощених розрахунках слід приймати рівнодіючу спрямованої лінії центрів передачі і рівної

$$R_p = 2 \cdot R_0 \cdot \sin a / 2, \quad (2.15)$$

де R_0 - сила попереднього натягу, Н;

a - кут обхвату, град.

$$R_0 = F_0 \cdot F, \quad (2.16)$$

де F_0 - напруження від попереднього натягу, МПа (для клинових ременів $F_0 = 1,2 \dots 1,5$ Мпа, приймаємо $F_0 = 1,5$ Мпа).

F - площа поперечного перерізу ременя, мм^2 (за каталогом $F = 1,38 \text{ см}^2$).

Отже, отримаємо: $R_0 = 1,5 \cdot 138 = 2100 \text{ Н,}$

$$R_p = 2 \cdot 2100 \cdot \sin 90^\circ = 4200 \text{ Н.}$$

Визначаємо складові зусилля клинопасової передачі у вертикальній та горизонтальній площинах:

$$R_p^x = R_p \cos 50^\circ = 4200 \cdot 0,643 = 2700 \text{ Н,}$$

$$R_p^y = R_p \sin 50^\circ = 4200 \cdot 0,766 = 3220 \text{ Н.}$$

За певними реакціями будуємо схему навантаження валу.

Визначаємо моменти по площинах. У горизонтальній площині визначаємо реакції опор:

$$\sum M_A : -R_{px} \cdot 0,085 - R_t \cdot 0,75 + R_{Bx} \cdot 0,865 = 0,$$

$$R_{Bx} = \frac{R_t \cdot 0,75 - R_x \cdot 0,085}{0,865} = 5665 \text{ Н,}$$

$$\sum M_B : -R_{px} \cdot 0,95 - R_{Ax} \cdot 0,865 + R_t \cdot 0,115 = 0,$$

							ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
								28
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата				

$$R_{Ax} = \frac{R_{px} \cdot 0,95 + R_t \cdot 0,115}{0,865} = 3875 \text{ Н.}$$

Визначаємо згинальні моменти по ділянках:

I ділянка $0 \leq z_1 \leq 0,085$ $M_x^I = -R_{px} \cdot z_1; M_x^I(0) = 0,$

$$M_x^I(0,085) = -R_{px} \cdot 0,085 = -229,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

II ділянка $0 \leq z_2 \leq 0,115$ $M_x^{II} = -R_{Bx} \cdot z_2; M_x^{II}(0) = 0,$

$$M_x^{II}(0,115) = -R_{Bx} \cdot 0,115 = 651,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

III ділянка $0 \leq z_3 \leq 0,75$ $M_x^{III} = R_{Bx} \cdot (0,115 + z_3) - R_t \cdot z_3,$

$$M_x^{III}(0) = R_{Bx} \cdot 0,115 = 658,5 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

$$M_x^{III}(0,75) = R_{Bx} \cdot 0,865 - R_t \cdot 0,75 = -229,5 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

За отриманими розрахунками будуємо епюру згинальних моментів від сил навантаження у горизонтальній площині. У вертикальній площині визначаємо реакції опор:

$$\sum M_A : -R_{py} \cdot 0,085 + R_t \cdot 0,75 - R_{By} \cdot 0,865 = 0,$$

$$R_{By} = \frac{R_t \cdot 0,75 - R_{py} \cdot 0,085}{0,865} = 1840 \text{ Н,}$$

$$\sum M_B : -R_{px} \cdot 0,95 - R_{Ay} \cdot 0,865 - R_t \cdot 0,115 = 0,$$

$$R_{Ay} = \frac{R_{px} \cdot 0,95 + R_t \cdot 0,115}{0,865} = 3870 \text{ Н.}$$

Визначаємо згинальні моменти по ділянках:

I ділянка $0 \leq z_1 \leq 0,085$ $M_y^I = -R_{py} \cdot z_1; M_y^I(0) = 0,$

$$M_y^I(0,085) = R_{py} \cdot 0,085 = 273,7 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

II ділянка $0 \leq z_2 \leq 0,115$ $M_y^{II} = -R_{By} \cdot z_2; M_y^{II}(0) = 0,$

$$M_y^{II}(0,115) = -R_{By} \cdot 0,115 = -211,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

III ділянка $0 \leq z_3 \leq 0,75$ $M_y^{III} = R_{By} \cdot (0,115 + z_3) + R_t \cdot z_3,$

$$M_y^{III}(0) = -R_{By} \cdot 0,115 = -211,6 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

$$M_y^{III}(0,75) = -R_{By} \cdot 0,865 + R_t \cdot 0,75 = 273,7 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		29

За отриманими результатами будуємо епюру згинальних моментів у вертикальній площині, а також епюру моменту, що крутить.

Визначаємо еквівалентний момент, що діє на вал за формулою:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2} \quad (2.17)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{651,1^2 + 273,7^2 + 820^2} = 1082,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

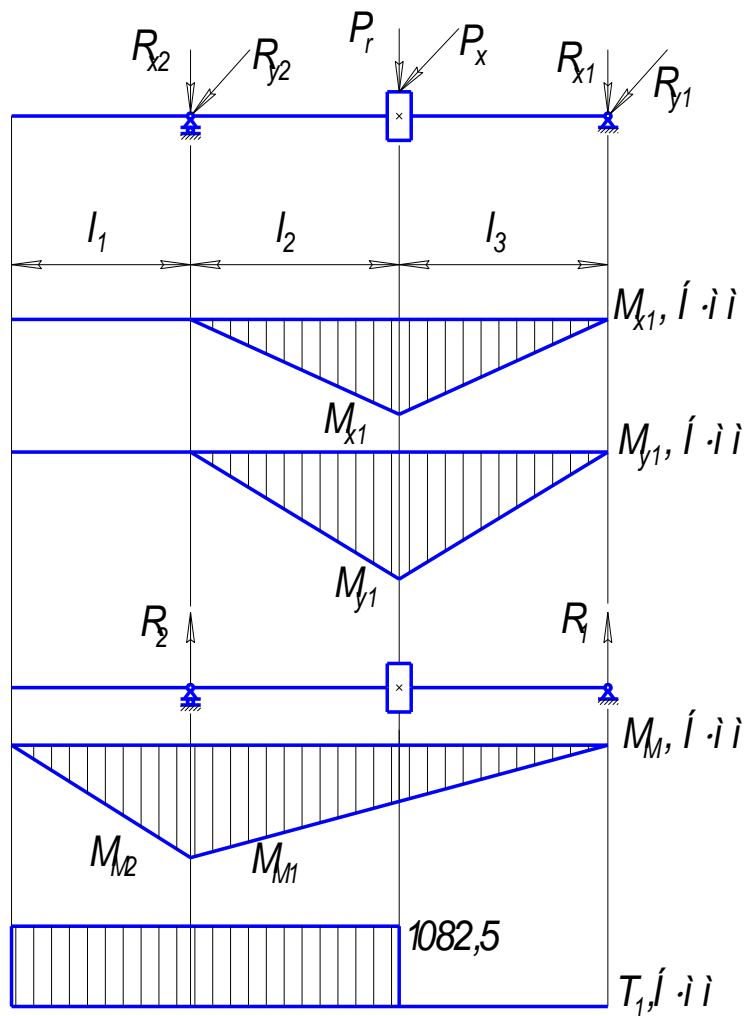


Рисунок 2.2 – Схема епюр валу

За відомим еквівалентним моментом визначаємо найменший діаметр валу за формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_3}{0,1 \cdot [\sigma]}}, \quad (2.18)$$

де $[\sigma]$ – допустима номінальна напруга валу, МПа (для матеріалу валу сталь 40Х приймають [5] $\sigma = 620 \div 640$) МПа.

Підставляючи значення, отримуємо:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{1082500}{0,1 \cdot 620}} = 26 \text{ мм}, \quad d \geq 44,2 \text{ мм}.$$

З урахуванням запасу міцності на $\min 16$ мм, отримуємо значення діаметра валу допустиме при заданих навантаженнях.

Діаметри всіх ділянок валу призначаються з конструктивних та технологічних міркувань зі стандартного ряду діаметрів, але не меншого отриманого при розрахунку.

При цій умові не потрібно виконати уточнюючий розрахунок валу за коефіцієнтами запасу міцності, оскільки він свідомо більший за допустимий. Для редукторів, у тому числі автоматична коробка швидкостей маємо: $[n] = 2,5 - 3$.

2.4.3 Розрахунок особливо навантаженого зубчастого зачеплення

Розрахунок зубчастої пари зі спеціальним навантаженням (трансмисії, яка передає обертання на найбільш навантажений вал при максимальному навантаженні) полягає в розрахунку міцності на вигин, тобто. Основний критерій продуктивності передач в редукторах, у тому числі в коробках передач.

При розрахунку вигину його визначають за модулем з'єднання найбільш навантаженого колеса, тобто виготовленого з менш міцного або менш жорсткого матеріалу, за такою формулою:

$$m_n = \frac{k \cdot R_t + k_{du} \cdot k_{fu}}{b \cdot [J_u]}, \quad (2.19)$$

де k – коефіцієнт передачі, для прямозубих коліс $k = 5$;

R_t - тангенціальне зусилля в зачепленні, Н, за наведеними вище розрахунками

$R_t = 6840 \text{ Н}$;

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		31

k_{ou} - коефіцієнт довговічності, при спрощеному розрахунку для реверсивного навантаження приймаємо $k_{ou}=1$;

k_{fu} - коефіцієнт навантаження;

b - розрахункова ширина зубчастого колеса, з конструктивних міркувань приймаємо $b=0,04$ м.;

$[Fu]$ - допустима напруження на вигин, МПа.

Коефіцієнт навантаження k_{fu} визначається за формулою:

$$k_{fu} = k_a \cdot k_b \cdot k_u, \quad (2.20)$$

де k_a - коефіцієнт розподілу, для прямозубих коліс приймають $k_a=1$;

k_b - коефіцієнт концентрації при проектному розрахунку $k_b=1,04$;

k_u - коефіцієнт динамічності, при відомій окружній швидкості передачі $u=1,3$ м/с, $k_u=1,03$ за твердістю колеса.

Підставляючи відомі значення, отримаємо:

$$k_{fu} = 1 \cdot 1,04 \cdot 1,03 = 1,07.$$

Допустима напруження на вигин $[Ju]$ визначається за формулою:

$$[Fu] = \frac{Fu^0}{Ju}, \quad (2.21)$$

де Fu^0 - межа тривалої витривалості зубчастого колеса, МПа; за матеріалом та твердістю колеса приймаємо $Fu^0 = 630$ МПа;

Ju - запас міцності при згині, на матеріал та твердість колеса приймають $Ju=1,75$.

Підставляючи відомі значення, визначаємо модуль зачеплення:

$$m_n = \frac{5 \cdot 6840 + 1 \cdot 1,07}{0,04 \cdot 360 \cdot 10^6} = 2541 \cdot 10^{-6} \text{ м або } m_n = 2,54 \text{ мм.}$$

Отримане значення модуля передачі є мінімальним значенням вигину, округленим від стандартного діапазону до більшого значення (потрібне з міркувань конструкції).

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		32

З міркувань конструкції найкраще прийняти однаковий модуль для всіх передач в коробці передач, включаючи коробку передач. Допускається менший модуль за розрахункове значення, але необхідно зробити узгоджений розрахунок на вигин і контактну міцність.

2.4.4 Розрахунок шліцевого з'єднання

Розрахунок шліцевого з'єднання здійснюється шляхом змінання робочої грані канавки при передачі крутного моменту на спеціально навантажений вал (оскільки вихідний вал редуктора не використовує навантажувальне шліцеве з'єднання, розрахунок ґрунтується на шліцеве з'єднання на головному валу):

$$\sigma_{cm} = \frac{M}{S_f \cdot l} \leq [\sigma]_{cm}, \quad (2.22)$$

де M – момент, що крутить, за наведеними раніше розрахунками $M = 3160000$ Н.м;

S_f - питомий сумарний статичний момент площі робочих поверхонь з'єднання щодо осі валу, за каталогом для заданого шліцевого з'єднання приймаємо $S_f = 850$ мм³;

l - Робочу довжину з'єднання, з конструктивних міркувань приймаємо = 25 мм;

$[\sigma]_{cm}$ – напруження змінання, що допускається, для матеріалу валу з урахуванням коефіцієнта запасу міцності для шліцевого термооброблюваного з'єднання приймаємо $[\sigma]_{cm} = 800$ МПа.

Підставляємо значення у формулу:

$$\sigma_{cm} = \frac{3160000}{850 \cdot 25} = 150 \leq [\sigma]_{cm}. \quad (2.23)$$

Отримані значення знаходяться в межах допустимого, тому шліцеве з'єднання працює в робочому режимі.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.4.5 Розрахунок пасової передачі

Розрахунок приводу шківа проводиться на основі кінематичних даних від двигуна до коробки передач. Розрахунок починається з вибору перерізу ремня.

Підходить ремінь перерізу Б, технічні дані визначаємо за каталогом: $b_p = 14,0$ мм, $b_0 = 17$ мм, $h = 10,5$ мм, площа поперечного перерізу $F = 138$ мм². Розрахункова довжина $L_p = 800 \div 6300$ мм. $\Delta L = L_p - L_{BH} = 40$ мм; мінімальний діаметр меншого шківа $d_{\min} = 125$ мм.

Визначаємо діаметри шківів:

Для підвищення ресурсу роботи передачі рекомендується встановлювати менший шків з розрахунковим діаметром $d_1 > d_{\min}$, зі стандартного ряду приймаємо $d_1 = 160$ мм, діаметр веденого шківа $d_2 = d_1 \cdot i$, де i - передавальне число, за кінематичною схемою, отже, отримуємо $d_2 = 200$ мм. Уточнюємо передатне число з урахуванням відносного ковзання $S = 0,01$.

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-S)} = \frac{200}{160 \cdot (1-0,01)} 1,26 . \quad (2.24)$$

Міжосьову відстань визначаємо за формулою:

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + h = 0,55 \cdot (160 + 200) + 10,5 = 208,5 \text{ мм} , \quad (2.25)$$

Приймаємо проміжне значення $a = 400$ мм.

Визначаємо розрахункову довжину ременів за формулою:

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} = 2 \cdot 400 + \frac{3,14}{2} \cdot (160 + 200) + \frac{(200 - 160)^2}{4 \cdot 400} = 1366,2 \quad (2.26)$$

Найближче стандартне значення $L_p = 1440$ мм.

Визначаємо натяг кожної гілки одного ремня R_0 , Н попередньо визначивши швидкостей ременів V і коефіцієнти центробіжних сил θ .

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot 4}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 1460}{1000 \cdot 60} = 12,2 \text{ м/с} . \quad (2.27)$$

$\theta = 0,18$ приймаємо за каталогом для перерізу Б.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$R_0 = \frac{850 \cdot N \cdot C_p \cdot C_c}{z \cdot V \cdot C_2 \cdot 30} + \theta \cdot V^2 = \frac{850 \cdot 15 \cdot 1,1 \cdot 0,9}{5 \cdot 12,2 \cdot 0,99 \cdot 30} = 0,18 \cdot 12,2 = 2,19. \quad (2.28)$$

Отримане значення використовують для необхідних силових розрахунків, при яких враховується вплив клинопасової передачі.

2.4.6 Розрахунок підшипників

Розрахунок полягає у визначенні типу підшипника в опорах, у разі спеціально навантаженого валу – вихідного валу редуктора. Визначення загальної реакції на підтримку:

$$R_B = \sqrt{R_{\Delta x} + R_{\Delta y}}, \quad (2.29)$$

де R_x і R_y - відповідні реакції у горизонтальній та вертикальній площинах.

$$R_A = \sqrt{R_{Ax} + R_{Ay}} = \sqrt{3875^2 + 3870^2} = 5476 \text{ Н}, \quad (2.30)$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx} + R_{By}} = \sqrt{5665^2 + 1840^2} = 5956 \text{ Н}. \quad (2.31)$$

Визначаємо динамічну вантажопідйомність, попередньо задавшись довговічністю $L = 10000 \div 25000$ Н для редукторів загального призначення $L = 15000$ за формулою:

$$C = R \cdot \sqrt[10]{L} / \rho, \quad (2.32)$$

де R – коефіцієнт типу підшипника, для радіальних підшипників $R = 10/3$, отримуємо значення динамічної вантажопідйомності по опорах:

$$C = 6900 \cdot \sqrt[10]{1500} / \frac{10}{3} = 52270 \text{ Н},$$

$$C = 7505 \cdot \sqrt[10]{1500} / \frac{10}{3} = 56850 \text{ Н}.$$

Залежно від динамічної вантажопідйомності та діаметра вибираємо підшипники з каталогу:

Опора А: Роликопідшипник радіальний сферичний 2-х рядний 3610 4610 ГОСТ 5721-75.

Опора В: Шарикопідшипник радіальний однорядний 310 ГОСТ 8338-75.

Підшипники рекомендовані до використання.

						ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата			35

2.4.7 Визначення товщини стінок корпусу

При конструюванні литої корпусної деталі стіни слід виконувати однаковою товщину.

Рекомендована товщина стінок δ для відливки $P=(2 \cdot L+B+H)$ наведена в каталогах, але виходячи з жорсткості корпусу, не повинна бути менше :

$$\delta = 2 \cdot \sqrt[4]{0,1 \cdot M} \geq 6 \text{ мм}, \quad (2.33)$$

де M - крутний момент на тихохідному валу $M = 820 \text{ Н.м}$

Підставляємо у формулу:

$$\delta = 2 \cdot \sqrt[4]{0,1 \cdot 820} = 6,02 \geq 6 \text{ мм}.$$

Зрештою вибирається необхідна товщина стін, враховуючи при цьому конструктивні особливості.

Таким чином, наведений розрахунок підтвердив правильність вибору напряму модернізації щодо приводу.

2.4.8 Розрахунок муфти

Розрахунок муфти ведеться на критичний передавальний момент, що крутить, тобто. визначенням допустимого моменту, що крутить, за формулою:

$$M_{кр} = R \cdot M, \quad (2.34)$$

де M – момент, що крутить, на особливо навантаженому валу $M = 820 \text{ Н.м}$;

R – коефіцієнт режиму роботи, що враховує умови експлуатації, для обертального руху на $MPC = 1,5$.

$$M_{кр} = 1,5 \cdot 820 = 1230 \text{ Н.м}.$$

Креслення коробки швидкостей наведено в Додадку Б.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						36
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРСТАТА

3.1 Пристрій для обробки складнопрофільних поверхонь

Метою цього проекту є вдосконалення конструкції пристрою. Це досягається тим, що копіювальний апарат закріплений на основному валу верстата, заготовка встановлюється в його отвір, а подавач готовий у вигляді подвійного важеля з ріжучим інструментом на одному кінці і роликком. взаємодіяти з копіювальним апаратом. На рисунку 3.1 показано пропонований пристрій, загальний вигляд;

Копір 1 встановлений на головному валу верстата і затиснутий у патроні. Заготовка 2 встановлена на копіювальному апараті, а корпус 3 пристрою прямокутний і затиснутий на різцетримачі.

Кутовий стрижень 4 середньої частини шарнірно прикріплений до корпусу 5 гвинтами та контргайками 6. На одному кінці кутника інструмент 9 затискається клинковою шайбою 7 і гвинтом 8, а на іншому кінці - болтом 10, що зміцнює ролик 11. Обмежувальний шток 12 з'єднаний болтом 13 і спирається на пружину 14.

Копір із деталлю закріплений на шпинделі верстата. Корпус приладу затискається до інструментотримача основи верстата, а основа верстата рухається разом із заготовкою до шпинделя до зіткнення роликів з копіювальним апаратом, при цьому інструмент не торкається заготовки.

Після цього обертовий привід головного валу починає рухатися, а ролики, що працюють на копіювальному апараті, повідомляють інструменту про коливання за заданою програмою. Механізм поздовжньої подачі супортного інструмента стикається з заготовкою і починає процес обробки отвору. Багатогранну, конусну, криволінійну і т.д., такої форми може бути копір.

Пристрій для обробки поверхні спеціальної форми по копіру з механізмом подачі інструменту відрізняється тим, що для спрощення конструкції копіювальний апарат встановлюється на основний вал верстата і має отвори для встановлення заготовок, а також механізм подачі виконаний у вигляді подвійних роликів, взаємодіє з іншим копіювальним апаратом.

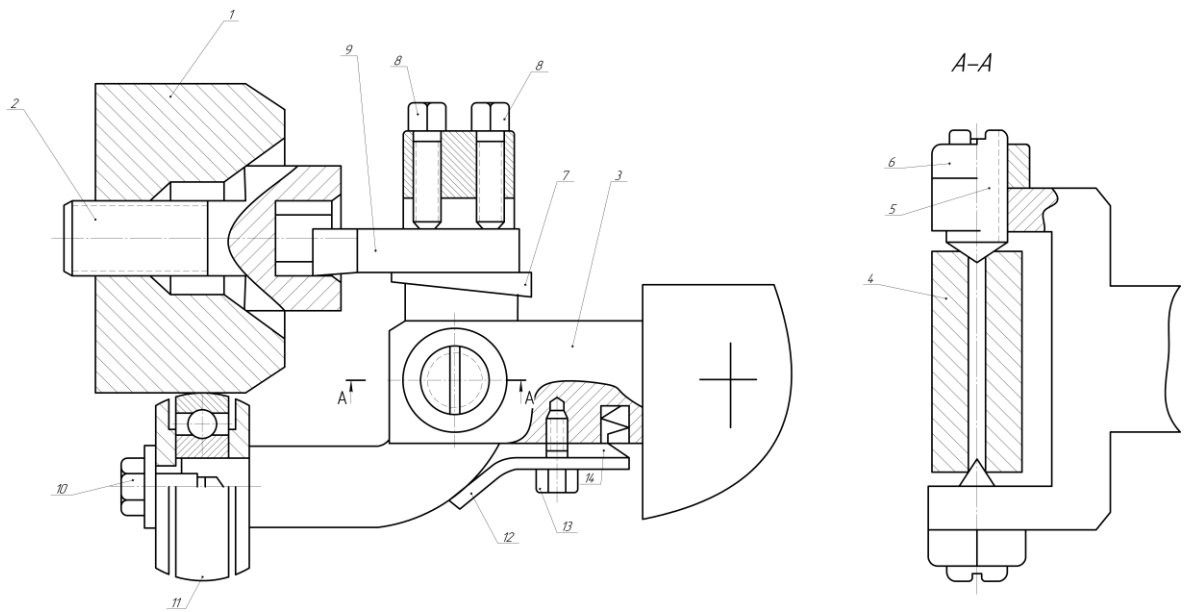


Рисунок 3.1 – Пристрій для обробки фасонних поверхонь

3.2 Пристрій для кріплення патрона до шпинделя верстата

Приспособа використовується для встановлення патрона на шпиндельному верстаті та корекції його радіального положення. Завданням цього винаходу є підвищення продуктивності за рахунок скорочення часу на виправлення положення касети.

Пристрій містить корпус 1 і 2, корпус 1 встановлений на головному валу верстата, а корпус 2 оснащений кулачковим циліндром. Між корпусами 1 і 2 розташовані ексцентричні втулки 3 і 4 і кільце, які кріпляться до двох пар пальців, з'єднаних з корпусами 1 і 2 відповідно і розташованих у взаємно перпендикулярних площинах.

Кінці пальців під час посадкового руху входять в отвори кільця, що забезпечує радіальне зміщення корпусу 2 відносно корпусу 1 при фіксованому кутовому положенні. Повертаючи втулки 3 і 4, можна встановити патрон з нерухомим перерізом в одну лінію зі шпинделем верстата, який вирівняний відповідною лінійкою. Введення кільця і пальців значно скоротило час на виправлення положення патрона і підвищило продуктивність. Оболонка 1 і оболонка 2 на зовнішньому стволі мають однакову шкалу 600 поділок.

Компенсація радіального биття заготовки, затиснутої в патроні, полягає в наступному. Завдяки додатковому елементу Е ексцентриситети (ризик D) втулок 3 і А розташовані діаметрально протилежно, так що патрон встановлений співвісно з головним валом машини.

Заготовка затискається в патроні і за допомогою індикаторної рамки визначають максимальне биття на відповідній поверхні деталі. Місця з найбільшими стрибками позначені крейдою на деталях. Обертанням планшайби мають позначку максимального биття в горизонтальній площині "від себе" (або "до себе").

Утримуючи планшайбу, повертають спецключом ексцентрик втулки 3 і разом так, щоб ризики Д розташувалися у вертикальній плоскості. Виробляючи відліки за шкалами, спецключом повертають щодо корпусів кожну ексцентрикову втулку на те саме число поділів "на себе" (або "від себе"), що відповідає величині заміряного раніше биття.

При повороті втулки в межах 50 поділок (30°) залежність радіального зсуву від кута повороту є лінійною з точністю, що відповідає призначенню технічного призначення панелі (похибка в межах 0,01 мм).

Коли ексцентрикова втулка обертається на 50 сіток, радіальне зміщення становить 0,5 мм, тобто одна поділка шкали відповідає зміщенню на 0,01 мм.

Максимальне радіальне усунення дорівнює подвоєному ексцентриситету, тобто. 1мм. При повороті ексцентрикових втулок більше ніж на 50 поділів потрібну величину радіального зміщення слід встановлювати за допомогою індикаторності. На рис. 3.2 дано пристрій. Вцілому воно наведено на аркуші графічної частини.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		39

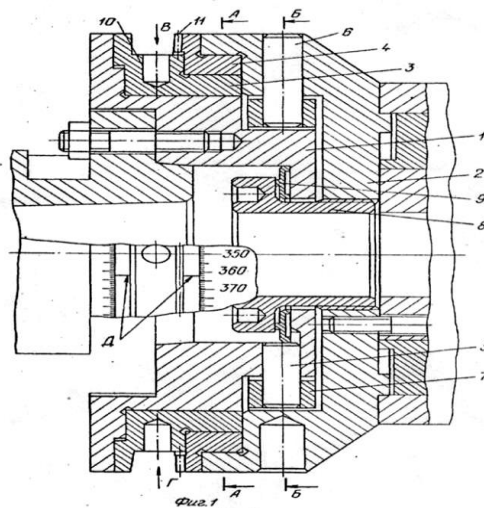


Рисунок 3.2 – Пристрій для кріплення патрона до шпинделя

3.3 Самоцентруючий патрон для закріплення ексцентричних деталей

Метою цього пристрою є підвищення продуктивності за рахунок підвищення жорсткості та надійності кріплення при швидкісній обробці.

У корпусі I знаходяться основні кулачки 3, 4 і додатковий затискний кулачок 14, а також їх кінематика. Кулачок 14 розташований паралельно осі симетрії кулачків 3 і 4, що проходить через діаметральну площину патрона D.

Нижні поверхні 16 і 17 призми 15 закріплені на корпусі так, щоб поверхня 16 була паралельна напрямку руху кулачка 14. Виїмки 22 виконані для полегшення установки деталей в корпусі 1. У процесі навантаження направляюча люльки на призмі 15 підтримується, а базовий отвір шатуна деталі розташовується навпроти центру патрона, потім вихідний центр 5, кулачки 3 і 4 зводяться до центру і затискають частину колінчастого вала за шатун.

Потім переміщується кулачок 14, щоб притиснути деталь до опорної призми 15.

Самоцентруючий патрон для закріплення ексцентрика містить корпус 1, який закріплений на головному валу 2 верстата. Урожай в цій площині. Уздовж осі патрона розташований висувний пружинний центр 5.

										Лист
										40
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата						

Кулачки 3 і 4 і центр 5 призначені для центрування і затискання виробу до основи. Клини 9 і 10 і висувний пружний центр 5 з'єднані сержками 12, шарнірно закріплені на штоку 13.

Циліндр самотитрування забезпечений додатковим затискним кулачком 14, закріпленим рухомо в затворі 11, паралельно площині Д, і опорною призмою 15 з нижніми поверхнями 16 і 17. Крім того, поверхня 16 паралельна напрямку руху площини Д.

Кулачок 14 за допомогою важеля 18, поворотного на осі 19, взаємодіє з клином 20, що самогальмується, який тягою. 21 з'єднаний з гідроприводом механізму затиску (не показаний).

Додатковий затискний кулачок 14 і опорна призма 15 призначені для базування та затиску ексцентричного виробу по поверхні, найбільш наближеної до центру його тяжкості.

На корпусі патрона виконаний паз 22 перпендикулярний до лінії додаткового кулачка 14.

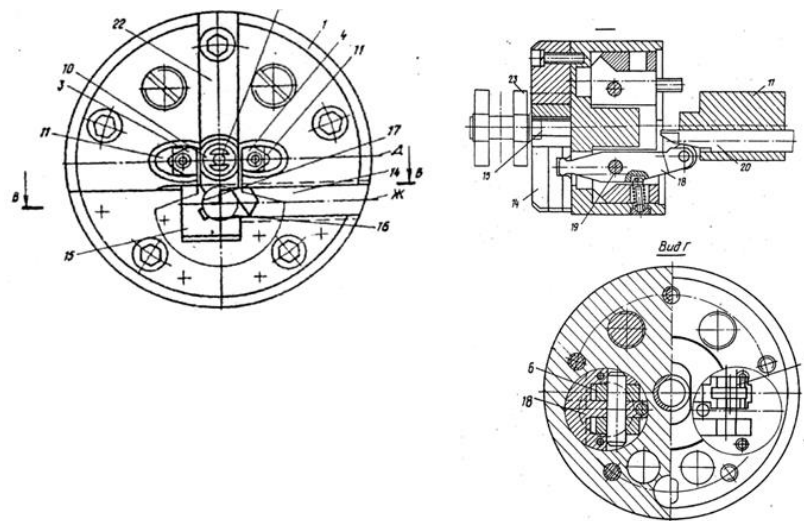


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд патрона та розріз

Робота патрона описана на прикладі установки та закріплення колінчастого валу.

Патрон працює в парі з патроном аналогічної конструкції, що має базову поверхню у вигляді торцевого упору в центрі.

										Лист
										41
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата	ВІ 20510117 – 00 ПЗ					

Для установки оброблюваної деталі 23 патрон орієнтується так, щоб паз 22 був розташований вертикально. Кулачки 3 та 4 відведені в корпус 10.

У процесі завантаження одна з базових корінних шийок деталі - колінвала 21 проходить по пазу 22 і потрапляє в опорну призму 15, а базовий отвір шатунних шийок розташовується навпроти висувного пружного центру 5.

Після цього тяга 13 переміщується справа наліво, висувається центр 5 і після його упору в деталь 23 переміщуються клини 9 і 10, важелі 6 і 7 повертаються і виводять кулачки 3 і 4, які затискають деталь - колінвал за шатунні шийки.

Після закінчення цього руху включається гідроциліндр приводу, додаткового кулачка 14, тяга 2t і клин 20 переміщуються праворуч наліво, важіль 18 повертається і виводить кулачок 14, який притискає додатково деталь 23 за корінну шийку до базових поверхонь 16 і призми 15.

Після закінчення обробки виробу тяги 21 і 13 переміщуються разом з клинами 20, 9, 10 і висувним центром 5 зліва направо, важіль 18 відводить додатковий кулачок 14, важелі 6 і 7 відводять кулачки 3 і 4 корпусі 1, звільняючи шлях противаги заготівлі колінчастого валу при розвантаженні.

Формула пристосування

1. Самоцентруючий патрон для утримання ексцентричних деталей, що складається з корпусу з двома основними захватами, геометрична вісь якого лежить у діаметральній площині патрона і зміщена відносно центру патрона з додатковим опором, характеризується підвищеною продуктивністю. Оснащений додатковим затискним кулачком, забезпеченим можливістю зворотного поступального руху паралельно згаданій діаметральній площині, а додаткова опора виконана у вигляді призми з підставкою, одна з яких паралельна площині затискного кулачка.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		42

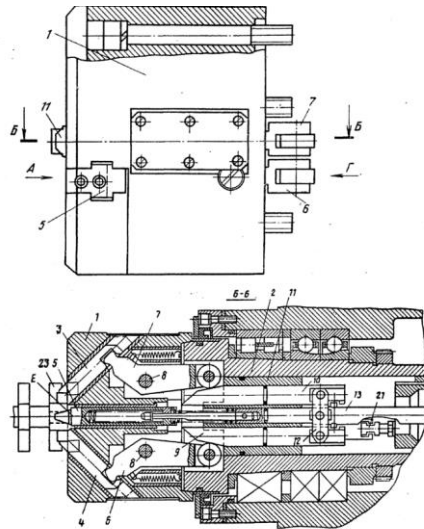


Рисунок 3.4 – Розрізи та види загального виду патрона

Патрон за п. 1, який відрізняється тим, що, з метою забезпечення зручності установки деталі в корпусі вісь симетрії яких розташована в діаметральній площині патрона, перпендикулярній діаметральній площині, що проходить через поздовжні осі симетрії основних затискних кулачків .

Схеми верстатних проєктів наведено в Додатку В, Г, Д

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		43

4 СИСТЕМА ЗМАЩУВАННЯ ВЕРСТАТУ

Правильне та регулярне змащування верстата є важливим для правильної роботи верстата та продовження терміну її служби. Тому слід неухильно дотримуватися наступних рекомендацій.

Коли ви будете готові запустити машину згідно з картою рівня масла та схемою змащування (рисунок 4.1), наповніть масляний бак 1 до рівня показника рівня масла 8 і змастіть механізм, показаний на схемі.

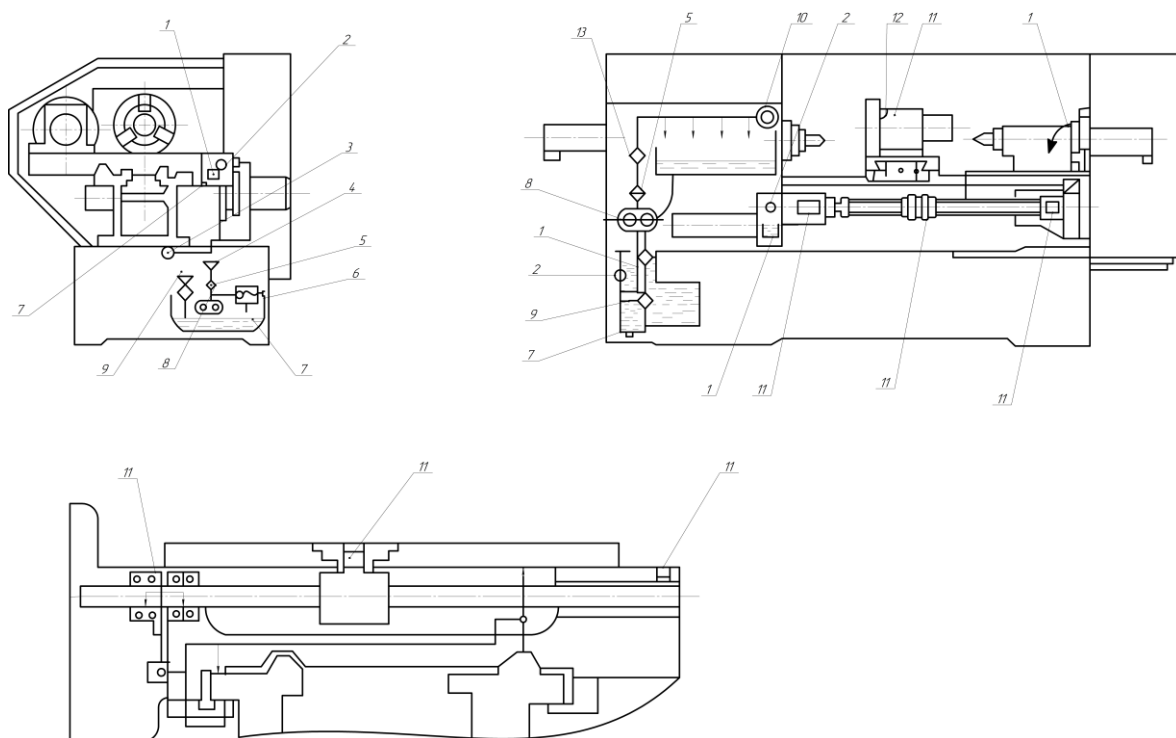


Рисунок 4.1 – Схема замщування верстата 16K20T1.01

Змащення проводити з використанням мастильного масла або його замінника згідно з умовами, зазначеними в «Карті мастила та витрати масла та мастильних матеріалів».

Першу заміну масла в усіх баках слід проводити через місяць після введення машини в експлуатацію, другу - протягом 3 місяців і далі - суворо дотримуючись інструкцій до карток масла і деталей. 7. Злити масло через зливний отвір.

						ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата			44

Опис системи змащування шпинделя.

Машина використовує автоматичну систему змащення для бабки. Шестеренчатий насос 10 відсмоктує масло з бака і подає його через фільтр 5 до підшипників і шестерень головних валів.

Для управління роботою насоса може використовуватися додаткове реле 13, встановлене після фільтра 5.

Якщо в системі змащення є потік масла, реле видає команду, що головний привід готовий. Якщо двигун виходить з ладу, реле видає команду на відключення двигуна головного приводу.

Крім того, для інтуїтивного управління роботою мастильної станції встановлений показник рівня масла 8, а обертовий диск вказує на роботу системи змащення. Під час роботи необхідно стежити за станом фільтра 5 і в разі засмічення не рідше одного разу на місяць очищати його елементи гасом (для зняття фільтра попередньо від'єднують злив).

Масло з шпиндельної головки зливається в масляний бак через фільтр і магнітний картридж 9.

Перед початком роботи перевірте показник рівня масла 2 на масляному баку на наявність небезпечного рівня масла і при необхідності долийте його.

Опис каретних рейок і стабільних систем змащення.

Верстат автоматично змащує рейки каретки та рейки рами за допомогою змащувальної станції, встановленої на основі.

При включеному насосі мастильної станції масло під тиском 1-2 атм подається через збірний шланг 12 на каретку.

Напірний клапан 6 необхідно відрегулювати на тиск 1-2 атмосфери. Тиск в системі змащення контролюється манометром 3.

Увімкнення насоса станції змащення відбувається, коли машину тримають, а потім за командою електричного блоку машини (з інтервалами в 45 хвилин).

Для запобігання потрапляння забрудненого масла на станцію мастила

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						45
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачений зворотний клапан 4. При цьому подача масла здійснюється протягом усього процесу натискання кнопки, тому зайвої подачі масла необхідно уникати.

Інструкція щодо змащення підшипників, гвинтів та гвинтових пар універсальних автоматичних головок.

Поздовжній підшипник гвинта, правий підшипник поперечного гвинта, пара поздовжніх і поперечних пропелерів і універсальний автоматичний підшипник головки змащуються мастилом.

Щоб змастити поздовжні гвинти, зніміть кришку з кронштейна.

У правій опорі поперечного гвинта і в корпусі універсальної автоматичної головки для цього на парах гвинтів, які рухаються поздовжньо і поперечно, є напірне масло. Місце розташування мастила позначено позицією 11.

Схема системи змащування наведено в Додатку Е

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		46

5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Опис деталі представника «Вал» та маршрут її обробки

Вал виконує роль опори та основи, для закріплення на нього інших деталей, за допомогою різьблення M20, фрезерованої поверхні та посадкових поверхонь діаметр 32 f9 (допуск в інтервалі з (-0,025) по (-0,087) мм.) та $D=24$ e8 (допуск в інтервалі з (-0,040) до (-0,073) мм). Ці посадки відносяться до посадки із зазором, у зв'язку з чим деталь закріплена жорстко не по всіх її поверхнях. Шток виготовлений із сталі 45 ГОСТ 1050-88. Креслення деталі дано на рис. 5.1.

Пропонується наступний маршрут обробки деталей.

Опер. 005 - токарна, за базу візьмемо циліндричну поверхню. Підтачуємо торець і робимо центровочні отвори.

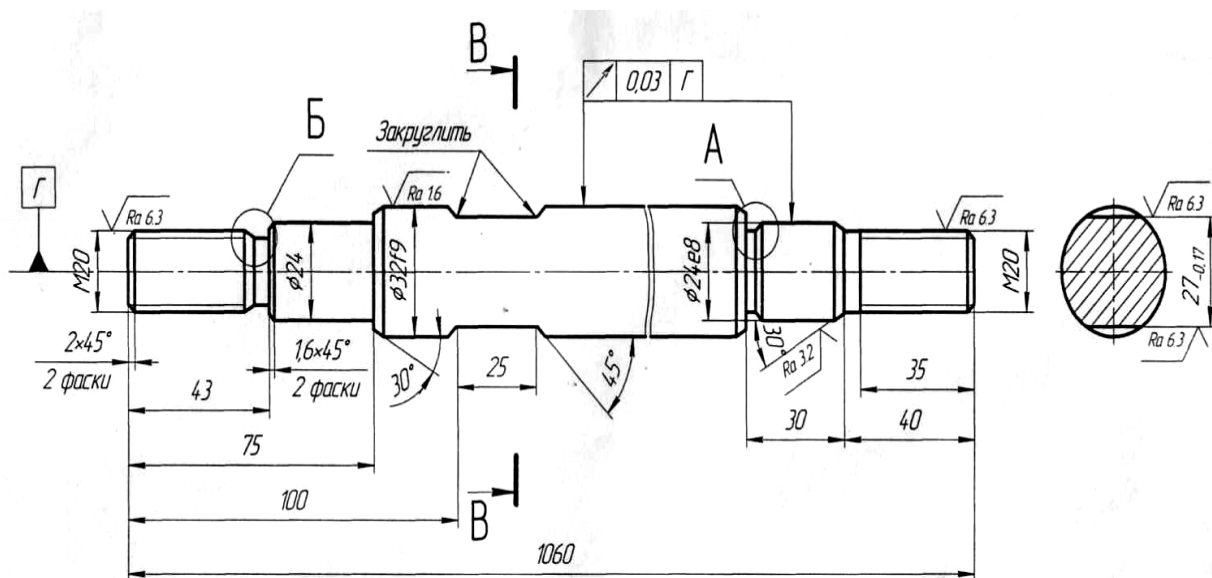


Рисунок 4.1 – Деталь вал

Опер. 010-токарна. Установча база являє собою циліндричну поверхню деталі, попередньо оброблена.

Опер. 015-токарна. Основною базою являє собою $D=24$, що оброблений в операції 10. Така сама база буде на операції 020-токарна;

Опер. 025 -фрезерна, тут дотримується принцип сталості баз

Операція 030 - шліфувальна. Установчою базою являють центральні отвори.

					Лист
					47
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата	

5.2 Призначення деталі та умов роботи її основних поверхонь, виходячи з креслення деталі

Вал виконує роль опори та основи, до якої кріпляться інші деталі за допомогою різі М20, фрезерованих поверхонь і посадкових поверхонь Ø 32 f9 (діапазон допуску від (-0,025) до (-0,087) мм.) і Ø 24 e8 допуски від (-0,040) до (-0,073) мм). Ці посадки мають зазори, тому деталі будуть жорстко закріплені не на всіх своїх поверхнях. Виготовляється зі сталі 45 ГОСТ 1050-88. Дані про хімічний склад і продуктивність наведені в таблиці. 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад сталі.

С	31	Мп	Сг	NI	Си	8	Р
%				%, не більше			
0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,25	0,25	0,04	0,035

Таблиця 5.2 – Механічні та технологічні властивості

Механічні властивості			Технологічні властивості		
			Обробка різанням	Зварювальність	Схильність до відпускнуї крихкості
МПа	%	%			
600	16	40	У горячекатаному стані	Важко зварювальна	Не схильна

Опис типу виробництва та організації праці: ип виробництва – гнучке дрібносерійне автоматизоване.

Серійне виробництво характеризується технічно безперервним виробництвом певної кількості одного і того ж продукту протягом тривалого періоду часу. Виробництво продукту здійснюється партіями. За обсягом

виробництва цей вид продукції поділяється на дрібносерійну, середньосерійну та великосерійну, див. таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Дані визначення типу виробництва

Виробництво	Число оброблених деталей одного типу розміру в рік		
	Важких (масою більше 100 кг)	Середніх (масою більше 10 до 100 кг)	Легких (масою бдо 10 кг)
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньосерійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Великосерійне	300 - 1000	500 - 5000	5000 - 50000

Основними факторами, що визначають вимоги до технологічності конструкції, є тип виробу, обсяг і тип виробництва. Оцінку технологічності конструкцій виробів можна розділити на два види: якісну та кількісну. Тому, аналізуючи технологічність деталі, визначте, наскільки деталь розроблена, щоб відповідати вимогам мінімальної трудомісткості, матеріаломісткості та економічності виготовлення..

Конструкція деталі повинна відповідати наступним вимогам:

1. Забезпечте зручні та надійні бази.
2. Інструменту зручно підходити до заготовки.
Мінімальна кількість використовуваних інструментів.
3. Уніфікація елементів конструкції (пази, різі, фаски).
4. Наявність проточок виведення інструменту.
5. Відповідність точних розмірів поверхні стандартам.
6. Деталі мають достатню жорсткість.
7. Хороша технологічність матеріалів

Також проаналізовано відповідність розмірів, можливість обробки та потреба в спеціальних інструментах.

Висновок: За своїми конструктивними особливостями ця деталь є технологічною.

5.4 Визначення та обґрунтування методу отримання заготовки

Для визначення методу отримання заготовки виберемо з усіх методів найоптимальніший, керуючись :

- а) формою та розмірами заготівлі;
- б) шорсткістю;
- в) програмою випуску;
- г) маркою матеріалу.

Лиття фактично не використовується для виготовлення заготовок у вигляді валів. Наш випадок не виняток. У зв'язку з невеликими масштабами виробництва з невеликими перепадами діаметрів – підходить круглий прокат. Приймаємо прокат як заготовку.

5.5 Аналітичний розрахунок припуску на оброблення поверхні

Вихідні дані:

Деталь "Вал". Технічні характеристики: Внутрішня поверхня $\varnothing 24e8$ допуск в інтервалах від (-0,040) до (-0,073). Шорсткість $Ra=3,2$ мкм. Загальна довжина деталі 1060 мм., Довжина оброблюваної поверхні 27 мм. Метод отримання заготівлі – прокат. Обробка ведеться у трьох кулачковому патроні токарного верстата 16K20T1.01.

- точіння чорнове;
- точіння під шліфування;
- шліфування.

У графу 2 записуємо елементарну поверхню деталі та технологічні переходи у порядку послідовності їх виконання.

Заповнюємо графи 3, 4 та 9, за всіма технологічними переходами. Дані заповнення граф 3 і 4 взяті з таблиць допуск (графа 9) на діаметральний розмір прокату взято з таблиці

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						50
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарне значення просторових похибок при обробці зовнішньої поверхні:

$$P_b = \sqrt{P_{2cv} + P_{2кор}}$$

де $P_{см}$ - допустимі похибки по осі зміщення осей фігур, приймаємо 700 мкм

$P_{кор}$ = загальна кривизна заготовки $P_{кор} = P_k * L_3$, де

P_k - питома допустима кривизна, застосовуємо 3 мкм/мм

L_3 - довжина заготовки, що дорівнює 1060мм

$$P_0 = 3 \times 1060 = 3180 \text{ мкм}$$

Знаходимо коефіцієнти уточнення:

-Точіння чорнове $K_y = 0,06$;

-Точіння чистове $K_y = 0,04$;

-шліфування $K_y = 0,02$;

$$P_i = p \cdot K_y,$$

$$P_1 = 3180 \cdot 0,06 = 190,8 \text{ мкм},$$

$$P_2 = 190,8 \cdot 0,04 = 7,6 \text{ мкм},$$

$$P_3 = 7,6 \cdot 0,02 = 0,15 \text{ мкм}.$$

Дані заносимо до графі 5.

Похибка установки заготовок (графа 6) в трьох кулачковому патроні, що самоцентрує, при чорновому обробленні 200 мкм.

При чистовому обточуванні без переустановки $\epsilon_i = 0$

Розрахунок мінімального припуску (графа 7) для обробки зовнішньої поверхні прокату в патроні проводять за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z,j-1} + T_{j-1} + P_{j-1} + \epsilon_i).$$

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2(160 + 1060 + 3180 + 200) = 8812 \text{ мкм}.$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + 190,8 + 0,2) = 581 \text{ мкм}.$$

Шліфування:

$$2Z_{\min} = 2(25 + 25 + 7,62 + 0,2) = 115 \text{ мкм}.$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		51

Розрахунок проміжних мінімальних діаметрів по переходах (графа 8) проводять у порядок, назад ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто від розміру готової деталі до розміру заготовки, і найменшого граничного розміру готової поверхні деталі мінімального припуску $2 Z_{\min}$.

$$\alpha_{\min j-1} = \alpha_{\min} + Z_{\min c},$$

$$\alpha_{\min 1} = 24 - 0,033 = 23,927 \text{ мкм.}$$

де $R_{\text{см}}$ - допустимі похибки по осі зміщення осей фігур, приймаємо 700 мкм

$R_{\text{кор}}$ = загальна кривизна заготовки $R_{\text{кор}} = R_{\text{к}} * L_3$, де

$R_{\text{к}}$ - питома допустима кривизна, застосовуємо 3 мкм/мм

L_3 - довжина заготовки, що дорівнює 1060мм

$$R_0 = 3 \times 1060 = 3180 \text{ мкм}$$

Знаходимо коефіцієнти уточнення:

-Точіння чорнове $K_y = 0,06$;

-Точіння чистове $K_y = 0,04$;

-шліфування $K_y = 0,02$;

$$P_i = p \cdot K_y,$$

$$P_1 = 3180 \cdot 0,06 = 190,8 \text{ мкм},$$

$$P_2 = 190,8 \cdot 0,04 = 7,6 \text{ мкм},$$

$$P_3 = 7,6 \cdot 0,02 = 0,15 \text{ мкм}.$$

Дані заносимо до графи 5.

Похибка установки заготовок (графа 6) в трьох кулачковому патроні, що самоцентрує, при чорновому обробленні 200 мкм.

При чистовому обточуванні без переустановки $\epsilon_i = 0$

Розрахунок мінімального припуску (графа 7) для обробки зовнішньої поверхні прокату в патроні проводять за формулою:

прокату в патроні проводять за формулою:

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$2Z_{\min} = 2(R_{z,j-1} + T_{j-1} + P_{j-1} + \epsilon_i).$$

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2(160 + 1060 + 31802 + 2002) = 8812 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + 190,82 + 02) = 581 \text{ мкм.}$$

Шліфування:

$$2Z_{\min} = 2(25 + 25 + 7,62 + 02) = 115 \text{ мкм.}$$

Розрахунок проміжних мінімальних діаметрів по переходах (граф 8) проводять у порядок, назад ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто від розміру готової деталі до розміру заготовки, і найменшого граничного розміру готової поверхні деталі мінімального припуску $2Z_{\min}$.

$$\alpha_{\min j-1} = \alpha_{\min} + Z_{\min};$$

$$\alpha_{\min 1} = 24 - 0,033 = 23,927 \text{ мм,}$$

$$\alpha_{\min 2} = 23,927 + 0,115 = 24,042 \text{ мм,}$$

$$\alpha_{\min 3} = 24,042 + 0,581 = 24,623 \text{ мм,}$$

$$\alpha_{\min 4} = 24,623 + 8,812 = 33,435 \text{ мм,}$$

У графі 11 записуємо розміри за всіма технологічними переходами, округляючи їх до того ж знака десяткового дробу, з яким заданий допуск на розмір для кожного переходу. Найбільший граничний розмір (граф 10) визначається шляхом збільшення допуску до окружного мінімального граничного розміру.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						53
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 – Розрахунок припусків

№ п/п	Маршрут обробки поверхні	Елементи припуска МКМ				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск по переходам	Граничні розміри		Граничні припуски	
		R _{Zmin-1}	T _{i-1}	P _{j-1}	ε _i				max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Зовнішня поверхня Ø24 (-0,040) (-0,30)											
	Прокат	160	200	3180	-	-	33,435	840	34,275	33,435	-	-
2	Точіння чернове	50	50	191	200	8812	24,623	330	24,953	24,623	9,322	8,812
3	Точіння чистове	25	25	70	0	581	24,042	84	24,126	24,042	0,827	0,581
4	Шлифування	5	10	0	0	115	23,927	33	23,960	23,927	0,166	0,115
											10,315	9,508

Проведемо перевірку:

$$Td_3 - Td_d = \sum 2Z_{\max} - 2Z_{\min},$$

$$0,840 - 0,033 = 10,315 - 9,508$$

$$0,807 = 0,807$$

Таблиця 5.5 – Використовуваний інструмент

№ переходу по тех.п.	Назва інструменту	Матеріал ріж. частини	Геометричні параметри	Позначення та номер стандарту
1	2	3	4	5
005	Заготівельна			
010 1	Різець прохідний відогнутий Свердло центровочне	T15K10 P6M5	- Ø3,5м	2102-0060
2				ГОСТ 18887-82
015 1	Різець прохідний відогнутий	T15K10	32×20	2102-0060 ГОСТ 18887-82
020 1	Підрізний відогнутий	T15K6	лівий радіус ріжучої кромки =1 и 0,5 мм. 30×20	2102-0008 ГОСТ 18887-82
2	Підрізний відогнутий	T15K6		2102-0008 ГОСТ 18887-82
025 1	Різець прохідний відогнутий Свердло центровочне Підрізний відогнутий Різьбонарізний різець	T15K10	32×20 Ø3,5м. лівий, радіус ріжучої кромки =1,2мм	2112-0060 ГОСТ 18887-82
2		P6M5		2112-0008 ГОСТ
3		T15K6	25×16	18887-82
4		BK6		2102-0007 ГОСТ 18887-82

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5
030 1	Фреза кінцева	P6M5	Ø25мм	2102-0060 ГОСТ 17026-71
035 1	Шліфкруг	50СМ1, керамічна зв'язка	400×63	ГОСТ 2424-83

Як додаткове оснащення для токарної обробки вибираємо центр наполегливий з конусністю 1:7 ГОСТ18259 -72.

5.6 Заснування вибору технологічного обладнання

Найбільш ефективно у нашому випадку для токарної обробки використовувати токарний верстат з ЧПК 16К20Т1.01

Верстат 16К20Т1.01 патронно-центровий призначений для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі східчастим та криволінійним профілями в один або кілька проходів у замкнутому напіваавтоматичному циклі, а також для нарізування кріпильних різьблень (залежно від можливостей ЧПК. Верстат використовують у одиничному, дрібно- та середньосерійному виробництві.

Технічні характеристики верстата:

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм:

Над станиною 400

Над супортом 220

Найбільша довжина оброблюваної заготівлі 1000

Частота обертання шпинделя 35 – 1600

Число автоматичних швидкостей, що перемикаються 9

Швидкість швидких переміщень супорта, мм\хв:

Поздовжнього 4800

Поперечного 2400

Швидкість подачі, мм\хв:

Поздовжнього ходу 3 – 1200

Поперечного ходу 3 – 500

Переміщення супорту на один імпульс, мм

Поздовжнього 0,01

Поперечного 0,005



Рисунок 5.1 – Верстат 16K20T1.01

Поворотний різцетримач використовується як пристрій для утримання інструменту. У цю спеціальну інструментальну головку вмонтовано шість спеціальних різців або три блоки. Знімна головка інструмента встановлена на вихідному валу різцетримача. Головка з'єднана з рухомими частинами за допомогою плоскозубчастої муфти. Різцетримач обертається електродвигуном через шестерню, черв'ячну передачу і кулачкову муфту, частина якої жорстко з'єднана з валом різцетримача.

У початковий момент руху цієї кулачкової муфти вал переміщається вліво, плоскозубчаста муфта розмикається і повертається в потрібне положення.

Обертання визначається сигналом від відповідного кінцевого вимикача, який замикається упором, встановленим на кільці. Потім двигун реверсує.

Зчеплення починає обертатися в інший бік. Рухома частина плоскозубчастої муфти та фрези запобігається обертанню затискачем. Кулачок напівмуфти стискає пружину, а рухома частина плоскозубої муфти закріплюється на зубцях нерухомої напівмуфти.

Зупинка приводного двигуна і початок циклу обробки сигналізуються з кінцевого вимикача приладу. При регулюванні верстата на валу є головка під ключ для ручного повороту та затискання різцетримача.

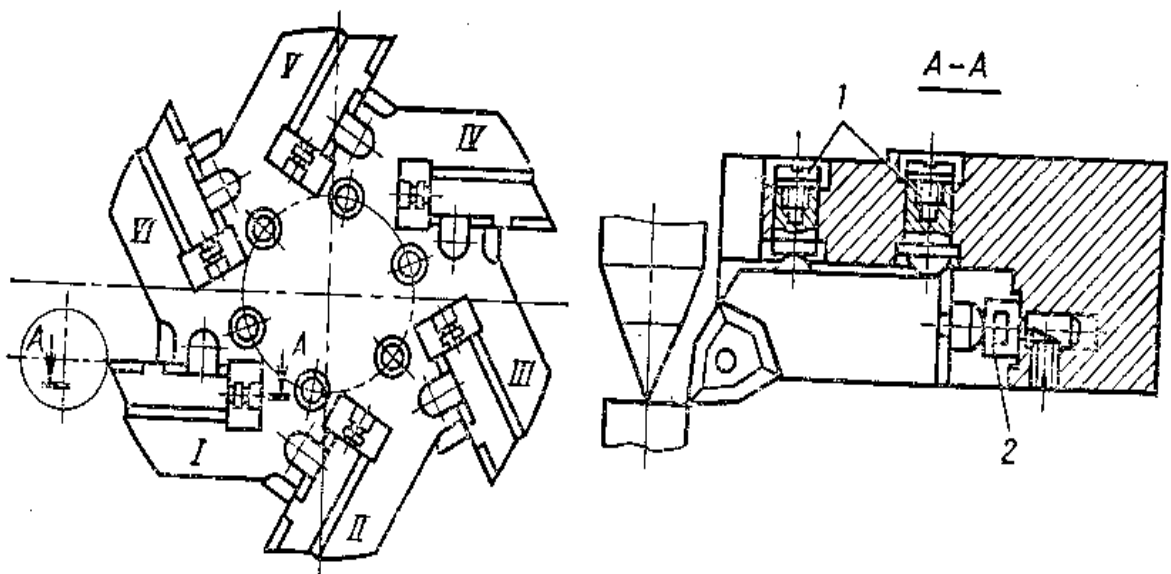


Рисунок 5.2 – Інструментальна головка

Інструментальна головка призначена для встановлення в ній різцевих вставок або інструментальних блоків. Різцеві вставки, заздалегідь налаштовані на розмір, встановлюють пази головки і базують гвинтами 1 і упорами 2.

5.7. Розрахунок режимів різання та технічне нормування

Розрахунок режимів різання: вихідні дані: зовнішній 32 f9, Ra=1,6 мкм, заготівля - прокат, матеріал заготівлі - Сталь 45. Операція токарна

Обробка проводиться на токарно-гвинторізному верстаті 16К20Т1.01

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		58

Операція 005 Перехід 1. Підрізати торець

Свердлити отвір центру 010 в торці деталі.

1. Глибина різання -0,5 мм. $T=0,5$ $D=10$ $t=2$ мм

2. Подача - S, мм/об

$$S = 0,5$$

3. Швидкість різання – V, м/хв

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v,$$

$$C_v = 9,8; q = 0,4; y = 0,5; m=0,2$$

Період стійкості інструменту $T = 70$ хв.

Поправочні коефіцієнти:

$$K_y = k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv},$$

де $k_{mv} = k_T \left(\frac{750}{\gamma_B} \right)^{nv}$ - Поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що залежить від матеріалу заготовлі.

K_{ny} - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що залежить від стану поверхні.

$$k_{nv}=1$$

k_{iy} -коефіцієнт, що залежить від РІ

$$k_{iy} = 1$$

$$n_y = 1$$

$$K_i = 1$$

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{750} \right) \times 1 = 1.$$

Тоді:

$$V = \frac{9,8 \times 10^{0,4}}{70^{0,2} \times 0,5^{0,2}} \times 1 = 30 \text{ м/хв}$$

4. Визначимо частоту обертання n, про/хв.

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = 862 \text{ об/хв}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		59

5. Уточнюємо частоту обертання шпинделя, за паспортними даними верстата. Приймаємо $n = 850$ об/хв.

6. Перераховуємо фактичну швидкість різання. 4. Визначимо частоту обертання n , об/хв

$$V_{\phi} = \frac{\pi dn}{1000} = 28 \text{ м/хв.}$$

Операція 010 Токарна Перехід 1.

Точити поверхню попередньо

1. Глибина різання – t : мм

$$t = 1,54 \text{ мм (дані беруться з розрахунку припусків)}$$

2. Подача - S , мм/об

$$S=0,5 \text{ мм/об}$$

3. Швидкість різання – V , м/хв

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

3 $C_v = 350$; $\sigma_b = 750$ МПа; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m=0,2$

Період стійкості інструменту $T = 120$ хв.

Поправочні коефіцієнти

$$k_v = k_{mv} \times k_{nv} \times k_{iv},$$

де $k_{mv} = k_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{mv}$ - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що залежить від матеріалу заготовлі.

k_{nv} - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що залежить від стану поверхні.

$$k_{nv}=1$$

k_{iy} - коефіцієнт, що залежить від РІ

$$k_{iy} = 1$$

$$k_{ny} = 1$$

$$k_{\Gamma} = 1$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		60

Тоді

$$k_{mv} = 1 \left(\frac{750}{750} \right)^1 \times 1 = 1 \text{ м/хв.}$$

4. Визначимо частоту обертання п, об/хв

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 65,39} = 779 \text{ об/хв}$$

5. Уточнюємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата 16К20Т1.01. Частоти обертання шпинделя.

Вибираємо найближчі менші значення 750 об/хв.

6. Сила різання – Р, Н

$$P = 10 \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

x = 1; y = 0,75; K_p = 1

$$P = 10 \cdot 1,54^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 160 \cdot 1 = 1465 \text{ Н.}$$

7. Потужність різання – N, кВт

$$N = \frac{P_z \times v}{1200 \times 60} = \frac{1465 \times 160}{1020 \times 60} = 3,8 \text{ кВт.}$$

Перехід 2. Точити поверхню остаточно

1. Глибина різання -t мм

$$t = 0,2 \text{ мм (дані беруться з розрахунку припусків)}$$

2. Подача - S, мм/об

$$S = 0,19 \text{ мм/об}$$

3. Швидкість різання – V, м/хв

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

Поправочні коефіцієнти

$$C_y = 420; c_{TB} = 750 \text{ МПа; } x = 0,15; y = 0,2; t = 0,2$$

Період стійкості інструменту T-120 хв.

Операція 030 шліфувальна

Обробка проводиться на Круглошліфувальному верстаті ЗМ163В.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						61
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал образивного кола - електрокарунд 50-СМ1 з керамічним зв'язуванням.

Перехід 1. Шліфувати поверхню одноразово

1. Глибина шліфування -1 мм

$t = 0,07$ (дані беруться з розрахунку припусків)

2. Подача - S, мм/об

$$S = 0,6.$$

3. Швидкість заготівлі – V_z , м/хв.

$$V_z = 30.$$

4. Швидкість круга – V_k , м/с

$$V_k = 35.$$

5. Визначимо частоту обертання заготівлі пз, об/хв.

$$n_z = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 30}{3,14 \times 65,01} = 145 \text{ про} \setminus \text{хв}$$

6. Уточнюємо частоту обертання шпинделя за паспортом – приймаємо 125 об/хв.

7. Визначимо частоту обертання заготівлі пк, об/хв.

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{100 \times 2100}{3,14 \times 45} = 2467 \text{ об} \setminus \text{хв}$$

8. Уточнюємо частоту обертання шпинделя кола за паспортом - приймаємо 2350 об/хв.

Технічне нормування токарної операції:

Вихідні дані: деталь «шток». Довжина оброблюваної поверхні 985мм, діаметр 32f9. Заготівля «прокат» із сталі 45. Обробка ведеться на токарному верстаті 16К20, Пристосування - упорний центр ГОСТ 18259-72

Перехід 1. точити зовнішню поверхню попередньо.

Різець прохідний відігнутий. Кут різця в плані ($\rho = 45^\circ$)

1. Основний час

$$T_{01} = \frac{l_{px}}{n \times S_m} = \frac{96,5}{779 \times 0,5} = 0,24 \text{ хв.}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		62

2. Допоміжний час, пов'язаний із переходом

$$T_{\text{доп}}=0,09 \text{ хв,}$$

Перехід 2. Точити зовнішню поверхню остаточно.

Різець прохідний відігнутий. Кут різця у плані $\varphi = 45^\circ$.

1 . Основний час

$$T_{01} = \frac{l_{px}}{n \times S_m} = \frac{95}{1400 \times 0,19} = 0,36 \text{ хв.}$$

2. Допоміжний час, пов'язаний із переходом $T_{\text{всп}} = 0,09 \text{ хв,}$

3. Нормування операції

$$T_{\text{опер}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}} = 0,6 + 0,53 = 1,13 \text{ хв,}$$

2. Допоміжний час

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уст.оп}} + \sum_1^n T_{\text{доп}} = 0,35 + 0,09 + 0,09 = 0,53 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{уш.оп}} = 0,35 \text{ хв.}$$

3 . Оперативний час

$$T_{\text{осн}} = \sum_1^n T_{\text{осн}} = 0,24 + 0,36 = 0,6 \text{ хв}$$

4. Час обслуговування робочого места

$$T_{\text{обс}} = 0,05 \cdot T_{\text{опер}} = 0,05 \times 1,13 = 0,06 \text{ хв}$$

5. Час на відпочинок

$$T_{\text{від}} = 0,04 \cdot T_{\text{опер}} = 0,04 \cdot 1,13 = 0,045 \text{ хв}$$

7. Штучний час

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}} = 1,13 + 0,06 + 0,045 = 1,235 \text{ хв}$$

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
						63
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРИЦІ ПРИ РОБОТІ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК.

Загальні вимоги безпеки до металообробних верстатів визначені національними стандартами, а додаткові вимоги, зумовлені особливостями їх конструкції та умов експлуатації, зазначені в нормативних документах на машини та технічній документації.

Захисні пристрої, що огорожують зону обробки, повинні захищати працюючих від відколів і теплоносія. Конструкція щитка не повинна обмежувати технічні можливості машини та створювати незручності при експлуатації, очищенні, регулюванні та відкриванні – не допускати забруднення підлоги мастилом та охолоджувальною рідиною. У будь-якому випадку кріплення захисного пристрою має бути надійним і не допускати автоматичного відкривання.

Автомати та напівавтомати оснащені функцією автоматичного блокування, яка запобігає включення робочих циклів з відкритою захисною кришкою, якщо це може призвести до травмування. Поверхня щитка, а також сама машина, органи управління, верстати та приладдя не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть поранити працівників.

В токарних універсальних і револьверних верстатах, призначених для заготовок діаметром до 500 мм, шпиндель з патроном (без закріпленої заготовки) не повинен зупинятися більше 5 секунд після закриття, у верстатах із заготовками діаметром до 630 мм – 10 с. Цей час не повинен перевищувати 3 секунди для свердлильних верстатів, 6 секунд для розточувальних верстатів і 5 секунд для універсальних фрезерних верстатів.

У зубообробних верстатів рух інструменту та кінематичних елементів ланцюга має бути автоматично відключено в кінці циклу обробки заготовки: для стругових верстатів, верстатів для хонінгування та фрезерних верстатів - 5 секунд; для шестерень з конусом, профілем, шліфувальним кругом. операції Шліфмашини – 30 сек. Шліфмашини для роботи з черв'ячними передачами – 40 с.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист 64
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		

Зібрані вузли та деталі масою понад 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів тощо, призначені для їх безпечного підйому та переміщення при монтажі, демонтажі та обслуговуванні обладнання.

Підйомний пристрій одного типу встановлюють на верстатах або автоматичних виробничих лініях для встановлення заготовок масою понад 8 кг, а також інструментів і обладнання масою понад 20 кг. Підйомний механізм повинен утримувати вантаж у будь-якому положенні, навіть у разі раптового відключення електроенергії, нафти та газу. Для установки заготовок вагою понад 250 кг необхідно використовувати внутрішньоцеховий підйомник.

Додаткові вимоги безпеки вказані в стандартах для деяких машин.

Для токарних верстатів при обробці заготовок зі швидкістю різання більше 5 м/с товщину матеріалу кожуха необхідно збільшити щонайменше в два рази. Вікна оглядові в щитках (екранах) повинні бути виготовлені з кількох шарів прозорого спеціального матеріалу загальною товщиною не менше 10 мм.

Токарні верстати повинні мати огороження зі звукопоглинаючими пристроями по всій довжині .

Поздовжньо-стругальні верстати по довжині повинні мати гальмові еластичні фіксатори для запобігання ризику викидання столу з приводу елемента.

У абразивно-різальних верстатах необхідно передбачити можливість приєднання до них окремих відсмоктуючих пристроїв для вилучення нарізаних виробів з робочої зони.

Шліфувальні машини повинні підвищити надійність кріплення захисних огорожень, щоб захистити їх у разі поломки колеса. Циліндричні шліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю обертання колеса 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки (повернену до робітника), повністю закриту огорожами. Захисний кожух і його оглядове вікно відповідають вимогам швидкісного різання

Стрічкові пилки, які використовуються для різання металу, огорожені, тому відкритою залишається тільки робоча частина пилки. Огорожа оточує шків, через який проходить стрічка, а шків має додаткові огорожі, закріплені збоку.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		65

У верстатів стругального типу зона переміщення столу, що перевищує розміри верстата, відгороджена. Огорожі можуть бути виконані у вигляді бар'єрів або інших пристроїв, які запобігають проникненню працівників в цю зону.

Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів обов'язковими є гальма та упорні пристрої, що запобігають розчепленню столу (платформи) при виключеній передачі. Механізм подачі, реверсивний механізм зміни ходу, зазор між стійкою і столом захищений захисною кришкою.

Під час різання листового металу на гільйотинних ножицях руки робітника можуть зачепитися між лезами. Щоб цього уникнути, нижній край ножиць кріпиться до верстака, а закріплена запобіжна лінійка запобігає потраплянню пальців робітника під ніж і затискний пристрій. Конструкція ножиць виключає можливість несанкціонованого опускання верхнього ножа.

При різанні заготовок на стрічкових і циркулярних пилках необхідно застосовувати пристрої, що виключають можливість травмування пальців робітника.

На свердлильних верстатах заготовки встановлюють і утримують у лещатах, кондукторах та інших пристроях, які надійно закріплені на столі або пластині верстата. Механізм кріплення патрона повинен забезпечувати міцний затиск і точне центрування інструменту.

Автоматичні лінії обробки продукції складаються з незалежних, з'єднаних між собою автоматів.

Управління автоматичною лінією здійснюється з центральної панелі, що забезпечує введення в експлуатацію та роботу в автоматичному режимі.

При цьому система автоматичного керування повинна виключати можливість автоматичного переходу лінії з пусконаладжувального режиму в автоматичний. Усі машини та агрегати автоматичної лінії мають незалежне керування запуском і зупинкою при роботі в режимі налагодження.

Обов'язково передбачте засоби сигналізації для включення рядків у режим налагодження або автоматичного режиму.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		66

Також необхідно, щоб усі машини та агрегати автоматичної лінії (автоматичний та пусконаладжувальний режими) уникали аварій, працювали в порядку, визначеному технологічним процесом, і мали систему блокування роботи відповідно.

Рухомі частини верстатів, осередків та іншого обладнання автоматичної технологічної лінії, а також інструменти та заготовки захищені надійним корпусом, що виключає можливість потрапляння працівників у небезпечну зону під час роботи технологічної лінії.

Видалення стружки з місць, що утворилися за межами автоматичної лінії, має бути автоматичним, наприклад, очищення рідинами, за допомогою скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв тощо.

Контроль виробу під час роботи технологічної лінії в автоматичному режимі може здійснюватися тільки за допомогою пристроїв керування на технологічній лінії.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Бушуев, В. В.** Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. – М. : Машиностроение, 2006. – 448 с.
2. **Проников, А. С.** Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников и др. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 356 с.
3. **Пуш, В. Э.** Конструирование металлорежущих станков / В. Э. Пуш. – М. : Машиностроение, 1977. – 390 с.
4. **Кузьмин, А. В.** и др. Расчеты деталей машин : справ. пос. / А. В. Кузьмини др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высш. шк., 1986. – 400 с.
5. **Кочергин, А. И.** Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование : учеб. пос. / А. И. Кочергин. – Минск : Высшэйшая школа, 1991. – 382 с.
6. **Дальский, А. М.** Справочник технолога – машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.
7. **Орликов, М. Л.** Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пос. / М. Л. Орликов. – К. : Вища школа, 1987. – 152 с.
8. Станок 16К20Т1.01. Руководство по эксплуатации.
9. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи “ Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів ” /Укладач М.М.Коротун. – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: М.М. Коротун, О.В.Івченко – Суми :Сумський державний університет, 2013. – 35 с

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		68

11. **Корсаков, В.С.** Основы конструирования приспособлений / В.С.Корсаков. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

12. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е издание., перераб. и доп.– М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.

13. **Гжиров, Р. И.** Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, Ленингр. 1983. – 464 с.

14. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.

15. **Горбацевич, А. Ф., Шкред В. А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.

16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.

17. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений, Г. С. Чумаков - Сумы, СумГУ, 1997 - 34с.

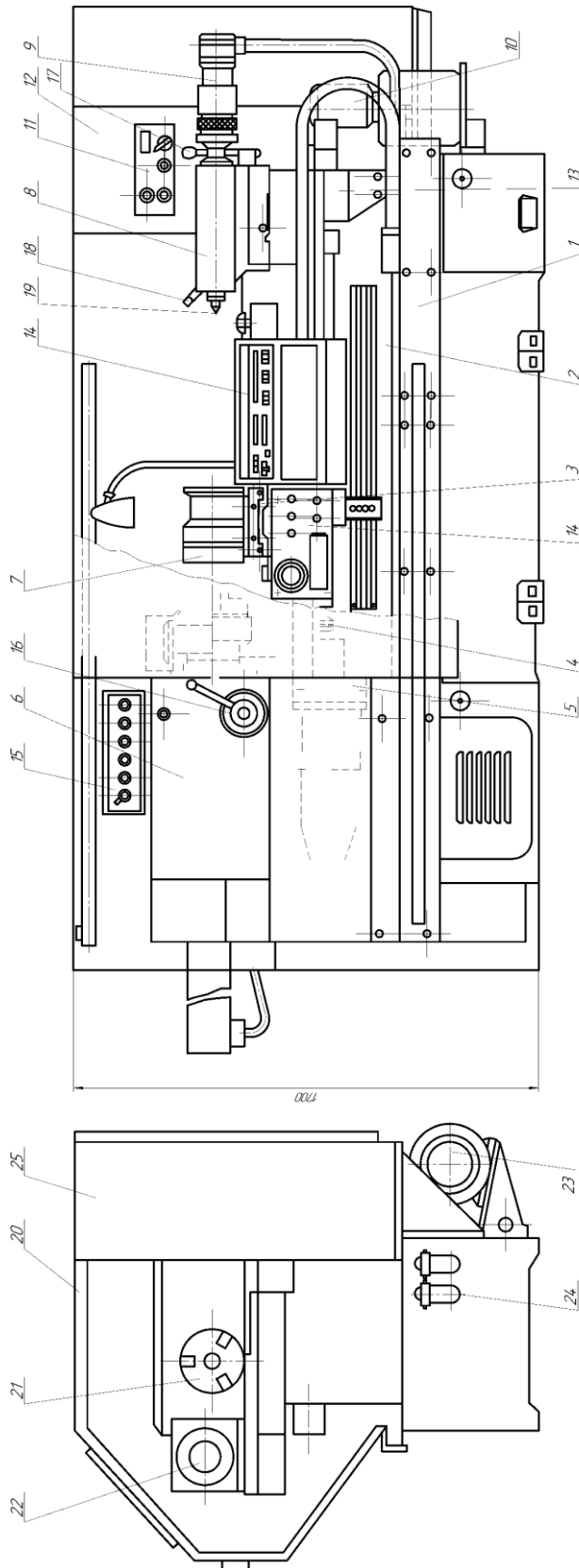
18. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.

19. **Сторож, Б.Д., Карпик Р.Т., Гордєєв А.І.** Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2004. – 230 с.

					ВІ 20510117 – 00 ПЗ	Лист
Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата		69

ДОДАТОК А

(загальний вигляд верстату)



3000

1000

Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

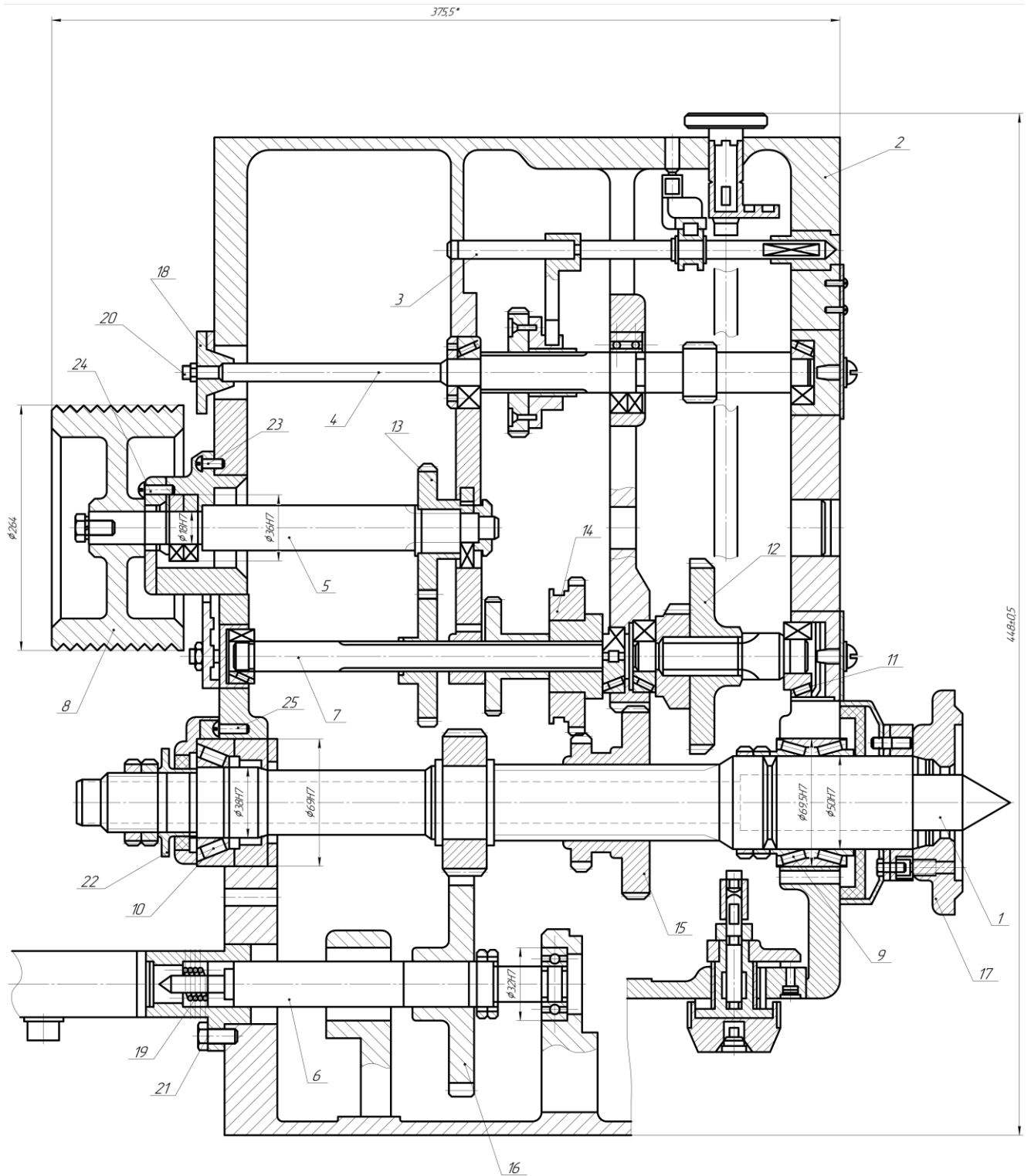
ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

70

ДОДАТОК Б

(креслення коробка швидкостей)



Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

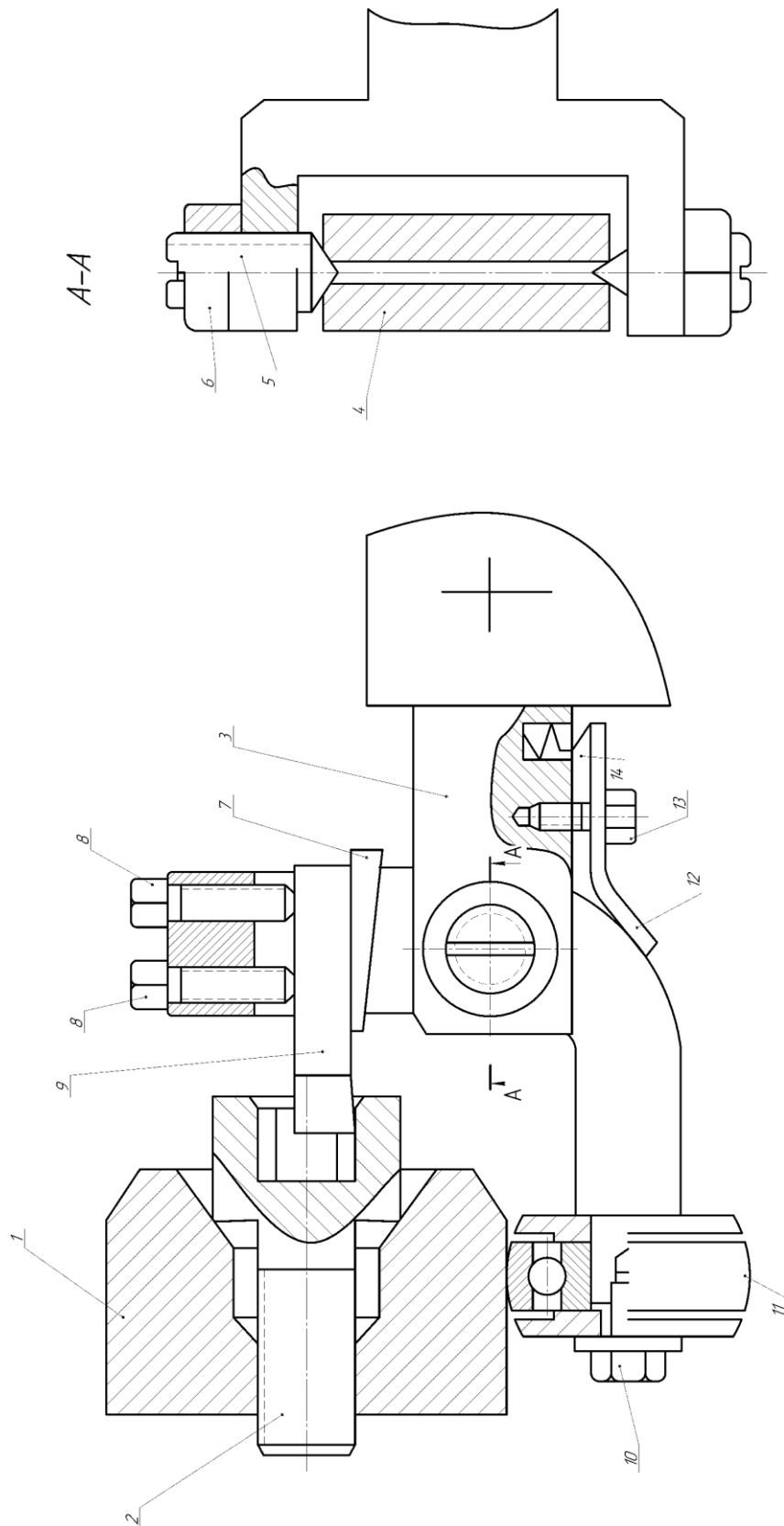
ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

71

ДОДАТОК В

(схема пристрою для обробки складнопрофільних поверхонь)



Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

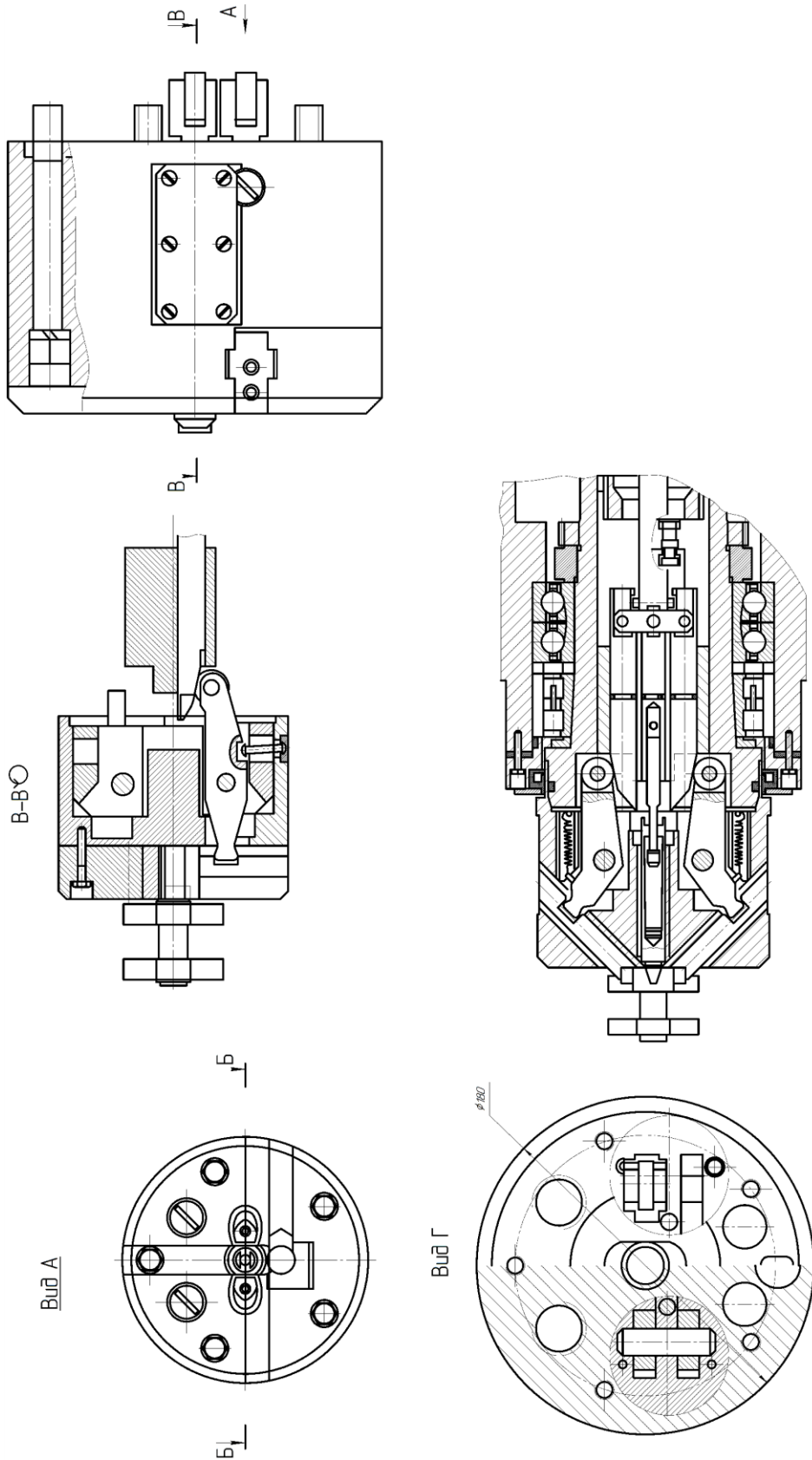
ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

72

ДОДАТОК Г

(схема самоцентруючого патрону)



Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

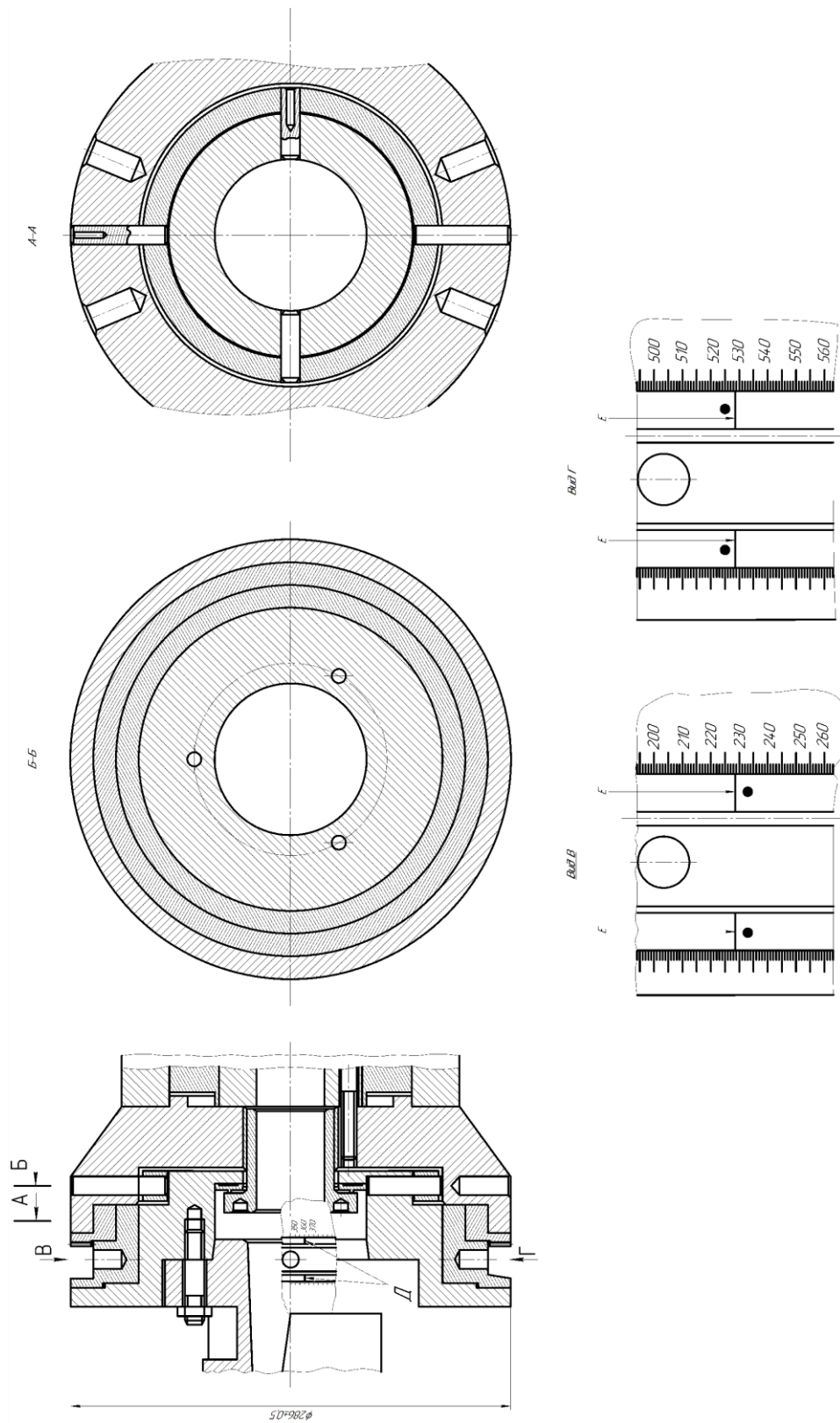
ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

73

ДОДАТОК Д

(схема пристосування для кріплення патрона до шпінделя)



Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

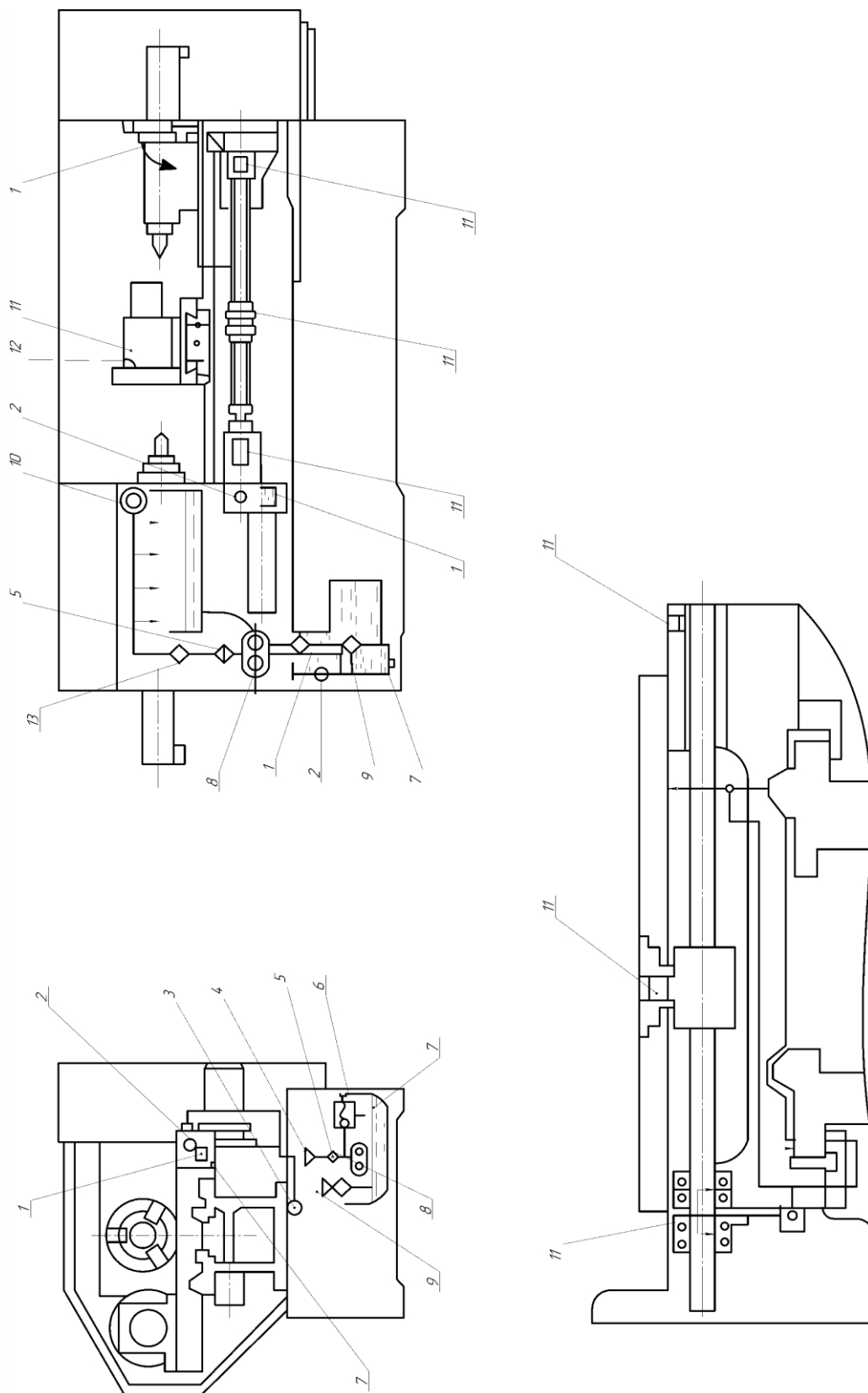
ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

74

ДОДАТОК Е

(схема змащювання)



Змі.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата

ВІ 20510117 – 00 ПЗ

Лист

75