

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
деталі «Піввісь ПТК2211.420»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МВ-41

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Богдан ШТИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Руслан СКЛЯРОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Володимир КОБЕЛЬНИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Володимир КРУПА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Володимир КРУПА.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Штику Богдану Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Піввісь ПТК2211.420»

Керівник роботи Склярів Руслан Анатолійович, к.т.н., доц. каф. ВІ

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

Затверджені наказом ректора від «29» 01 2024 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Піввісь ПТК2211.420»

Базовий технологічний процес обробки деталі, паспорти обладнання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи; аналіз базового технологічного процесу механічної обробки деталі; технологічний розрахунок, розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій; розрахунок конструкції приводу головного руху верстату; розрахунок пристосування на верстат; вирішення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці

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

Креслення деталі представника – 1 ф.А1

Аналіз формуютьуючих рухів – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчий механізм верстата – 2 ф.А1.

Пристосування верстатне – 1-2 ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності,	к.т.н., доцент Окіпний І.Б.		
основи охорони праці			
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 30.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

ШТИК Богдан

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

СКЛЯРОВ Руслан

(прізвище та ініціали)

Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі деталі «Піввісь ПТК2211.420» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Штик Богдан Ігорович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВ-41.: ТНТУ, 2024.

Ключові слова: піввісь, механічна обробка, режими різання, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі приведені технологічні розрахунки на операцію «Фрезерна з ЧПК» для деталі «Піввісь ПТК2211.420». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

SHTYK Bogdan. Machine and tooling equipment for processing the part "Half-axle PTK2211.420". Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024.

Key words: half-axle, machining, cutting modes, gearbox.

In the bachelor's thesis the technological calculations for the technological operation "Milling operation with CNC" for the part "Half-axle PTK2211.420" are given. The kinematic scheme of the machine is developed. The construction of the main motion drive has been completed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Штик Б.І.			Анотація			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.								4	1
Реценз.								ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль			
Н. Контр.		Кодельник В. Р.									
Затверд.		Крцпа В.В.									

Зміст

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз завдання	9
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	10
1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь	13
1.4 Огляд літератури	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	20
2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання	20
2.2 Розрахунок режимів різання для однієї із технологічних операцій	23
2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції.....	29
2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції	29
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата	32
3.2 Розрахунок приводу верстату	35
3.2.1 Розрахунок ефективної потужності верстату	35
3.2.2 Розрахунок значень частот і подач.....	37
3.2.3 Розробка структурної формули та структурної сітки.....	39
3.2.4 Побудова графіку чисел обертів.....	40
3.2.5 Визначення крутних моментів та швидкостей на валах	43
3.2.6 Розрахунок модуля передач та конструктивних параметрів зубчастих коліс	44
3.2.7 Силовий розрахунок валів та коліс	47
3.2.8 Розрахунок підшипників	55
3.3 Конструювання верстатного пристосування.....	56

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Штик Б.І.			ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.								
Реценз.									5	2
Н. Контр.		Кодельник В. Р.						ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль		
Затверд.		Крцпа В.В.								

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	58
4.1 Вплив мастильно-охолоджуючих рідин на навколишнє середовище та людину.....	58
4.2 Медичний огляд працівників певних категорій.....	62
4.3 Інженерний захист територій.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ.....	73

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

В останні роки ми можемо спостерігати процес інтенсифікації машинобудівної галузі економіки. Це здебільшого пов'язане з глибоким технічним переозброєнням та модернізацією засобів виробництва, а також широким застосуванням новітніх інформаційних технологій та досягнень в суміжних галузях науки та техніки.

На виробництві широко впроваджують сучасне високопродуктивне обладнання, провідні фірми пропонують новітні розробки в галузі інструментальних матеріалів та ріжучого інструменту. Перевагу надають застосуванню енерго- та ресурсозберігаючих технологій, обладнанню оснащеному системами ЧПК, впровадженню промислових роботів та ін.

Особлива роль зараз відводиться підвищенню якості машин, а також різноманітних приладів та апаратів. Впровадження CAD-CAM систем дозволяє суттєво скоротити терміни розробки та опанування виробництва при розробці нових виробів [13, 35, 37].

Саме використання таких сучасних систем дозволяє здійснити проектування раціональних та оптимальних технологічних процесів. Вироби, що при цьому проектуються, відповідають вимогам точності, та необхідному рівню економічних показників виробництва. Проектування повинно враховувати особливості використовуваного на виробництві обладнання та враховувати можливість вдосконалення та інтенсифікації технології [32].

Перспективним на сьогоднішній день є застосування при проектуванні систем наскрізного моделювання, які дозволяють проводити проектні роботи з інженерного аналізу та розробки ТП виготовлення деталей чи вузлів. Для цього може використовуватись спеціалізоване програмне забезпечення [25, 26].

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Штик Б.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						7	2
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль		

На початкових етапах проектування доцільним є застосування процедури прогнозування, яка дозволяє не тільки встановити оптимальні параметри обладнання, але й врахувати інноваційний розвиток суміжних галузей [17, 28, 29], а також представлення верстату, як складної технічної системи [16, 33].

На сьогоднішній вдосконалення технологічного процесу відбувається за рахунок підвищення режимів різання, скорочення тривалості часу, який виділяється на проведення допоміжних операцій, а також здійснення комплексної автоматизації усіх процесів виробництва. Автоматизація повинна відбуватися на усіх етапах життєвого циклу виробу.

У кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420».

Структура і обсяг роботи. Представлена кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та основних висновків. Записка містить 67 аркушів пояснювального матеріалу, 27 рисунків та 10 таблиць. При виконанні роботи використано різноманітну спеціалізовану літературу, а також публікації з мережі Internet. Перелік літератури містить 37 найменувань, які розміщені на 5 сторінках, а також додатків на 17 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 89 сторінок.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання

Основне призначення деталі «Піввісь ПТК2211.420» – передача навантаження від колеса візка на його корпус. Це відповідальна деталь, яка буде працювати в умовах змінного навантаження. Аналіз креслення деталі показав, що точна циліндрична поверхня $\varnothing 30f7$ призначена для кріплення підшипника маточини. Для закріплення деталі на несучій системі візка використовуються два отвори $\varnothing 17H8$ та $\varnothing 12H9$.

На початковому етапі проектування було розроблено тривимірну модель деталі, її загальний вигляд приведено на рис. 1.1.

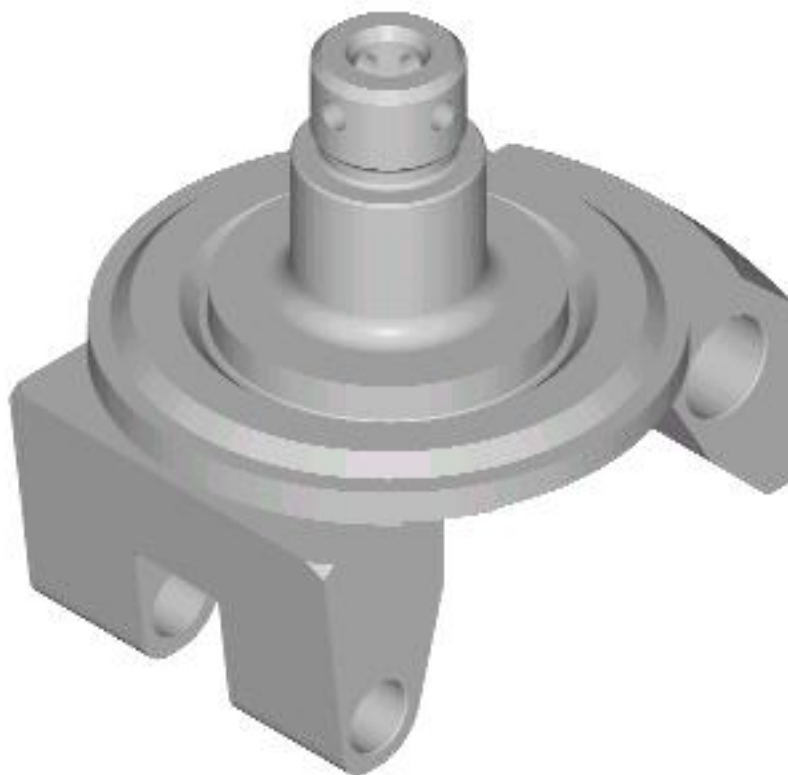


Рис. 1.1. Загальний вигляд деталі

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Штик Б.І.				АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Склярів Р.А.								9	7
Реценз.										
Н. Контр.	Кодельник В. Р.									
Затверд.	Крцпа В.В.				ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль					

Деталь «Піввісь ПТК2211.420» відноситься до класу не круглих стрижнів – «75 клас» [27]. Основне призначення деталі – передача навантаження від колеса до несучої системи візка, та надання колесу візка орієнтованого просторового положення.

Аналіз документації показав, що деталь «Піввісь ПТК2211.420» працює в складних умовах, вона піддається дії знакозмінного ударного навантаження, а також роботі в умовах можливої дії різноманітних абразивів (пилу, піску, сміття та ін.). Це висуває підвищені вимоги до матеріалу з якого виготовляється деталь.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Для деталі «Піввісь ПТК2211.420» використовується матеріал Сталь 45 ГОСТ 1050-88 [7]. Це якісна вуглецева сталь, яка характеризується високою міцністю та має високу здатність до обробки різанням. Її основні механічні та фізичні властивості приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Механічні та фізичні властивості Сталі 45

Механічні властивості				Фізичні властивості			
межа текучості, σ_T МПа	тимчасовий опір розриву, σ_B МПа	відносне видовження δ , %	ударна в'язкість a_n , кДж/м ²	Твердість, HB	щільність γ , г/см ³	теплопровідність λ , Вт/(м·С°)	коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^6$ 1/°C
353	598	16	490	197	7,814	60	11,649

В якості заготовки використовується штамповка (рис. 1.2), яку після одержання заготовки піддають відпалу.

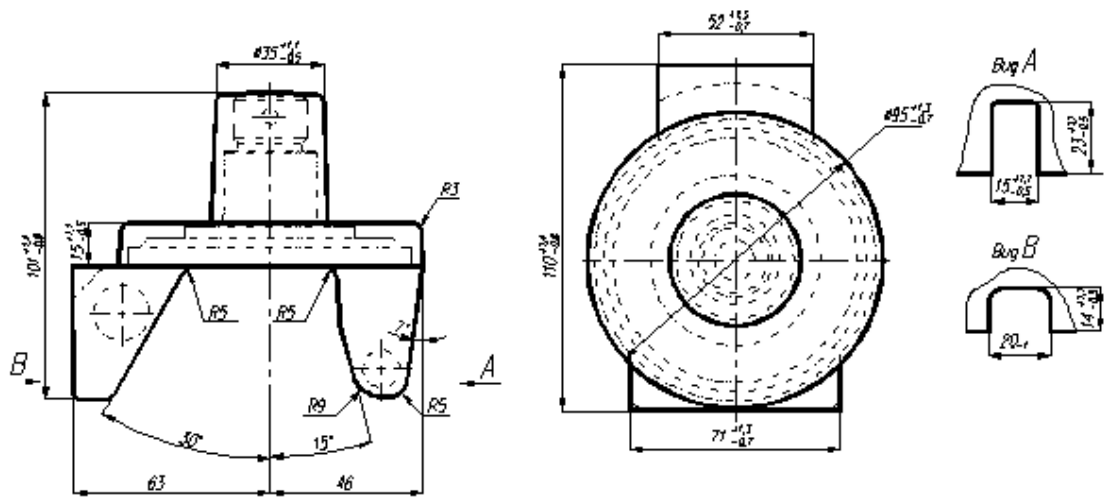


Рис. 1.2. Ескіз заготовки деталі «Піввісь ПТК2211.420»

Штамповану заготовку ми отримуємо в закритих штампах на кривошипних гаряче-штампувальних пресах у нероз'ємних матрицях. Це дозволяє отримати заготовки більш високої точності, що в подальшому дозволяє зменшити припуски на чорнову обробку.

Ретельно вивчивши робоче креслення деталі та умови роботи деталі визначаємо:

- вид заготовки — штамповка;
- майже всі поверхні деталі оброблюються різанням;
- для базування будуть використовуватися торцеві, зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні;
- геометрія деталі передбачає вільний доступ різального та вимірювального інструмента до основних оброблюваних поверхонь, а також можливість контролю розмірів в процесі обробки;
- твердість та жорсткість деталі є достатньою, що дозволяє застосовувати в процесі обробки високопродуктивні режими різання.

Аналіз креслення деталі «Піввісь ПТК2211.420» дозволив з'ясувати основні вимоги до точності її виготовлення, та встановити особливості технологічного процесу її виготовлення. Було також встановлено відповідність точності розмірів та параметрів шорсткості основних оброблюваних поверхонь [19].

Попередньо проведений аналіз конструкції деталі «Піввісь ПТК2211.420» показав, що вона є технологічною за якісними та кількісними показниками.

Здійснимо аналіз базового технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі «Піввісь ПТК2211.420», він дозволить виявити основні його переваги та недоліки, а також дозволить визначити напрямки його вдосконалення в межах кваліфікаційної роботи.

Базовий (заводський) ТП приведено в таблиці 1.2, він передбачає застосування великої кількості універсальних верстатів та постійного переустановлення оброблюваної деталі, що може призвести до збільшення похибки встановлення та закріплення.

Таблиця 1.2. Базовий ТП виготовлення деталі «Піввісь ПТК2211.420»

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	6P12
010	Вертикально-свердлильна	2H135
015	Токарна - гвинторізна	16K20
020	Токарна - гвинторізна	16K20
025	Токарна - гвинторізна	16K20
030	Вертикально-фрезерна	6P12
035	Вертикально-свердлильна	2H135
040	Вертикально-свердлильна	2H135
045	Вертикально-свердлильна	2H135
050	Вертикально-фрезерна	6P12
055	Токарна - гвинторізна	16K20

1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь

Для обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420» слід забезпечити набір певних формоутворюючих рухів. Розглянемо рухи які повинно забезпечити обладнання при обробці даної деталі.

Обробка деталі «Піввісь ПТК2211.420» передбачає використання кінцевого інструменту, а саме свердла та розвертки, на рис. 1.3 приведений набір рухів, які при цьому повинні забезпечуватись.

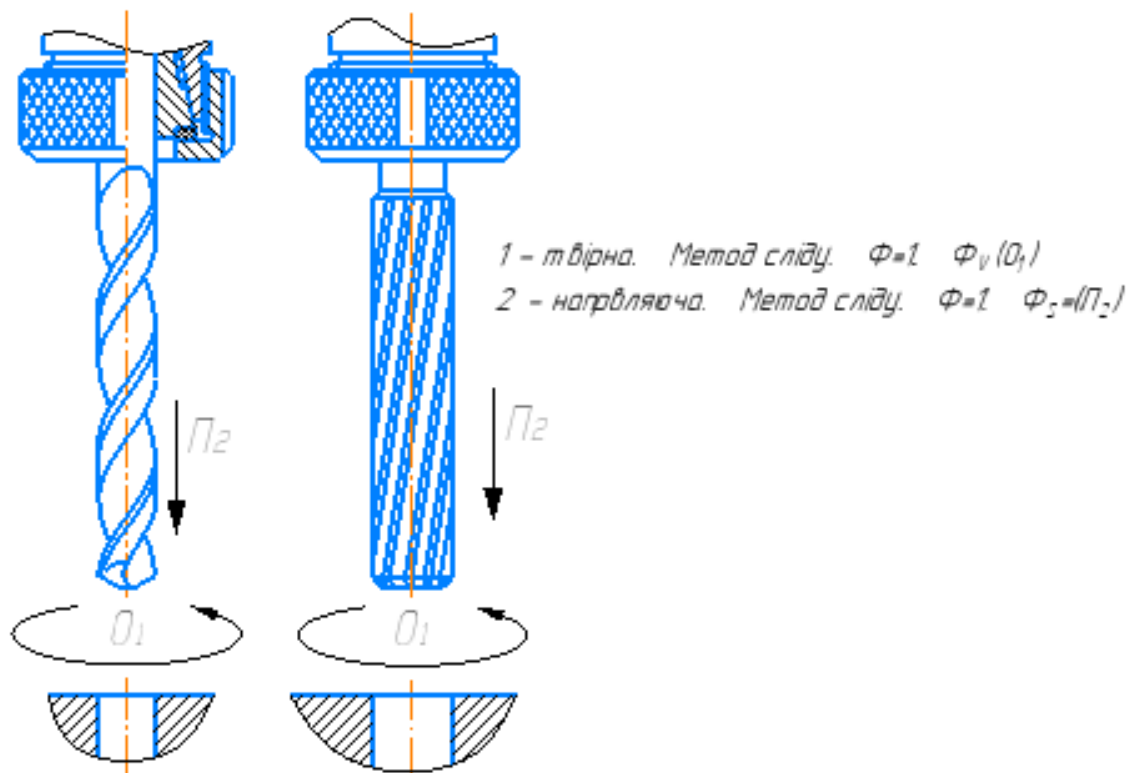


Рис. 1.3. Схема формоутворення при обробці кінцевим інструментом

При обробці деталі в якості ріжучого інструменту може використовуватись зенкер, основний набір формоутворюючих рухів, які при цьому слід забезпечити, приведені на рис. 1.4.

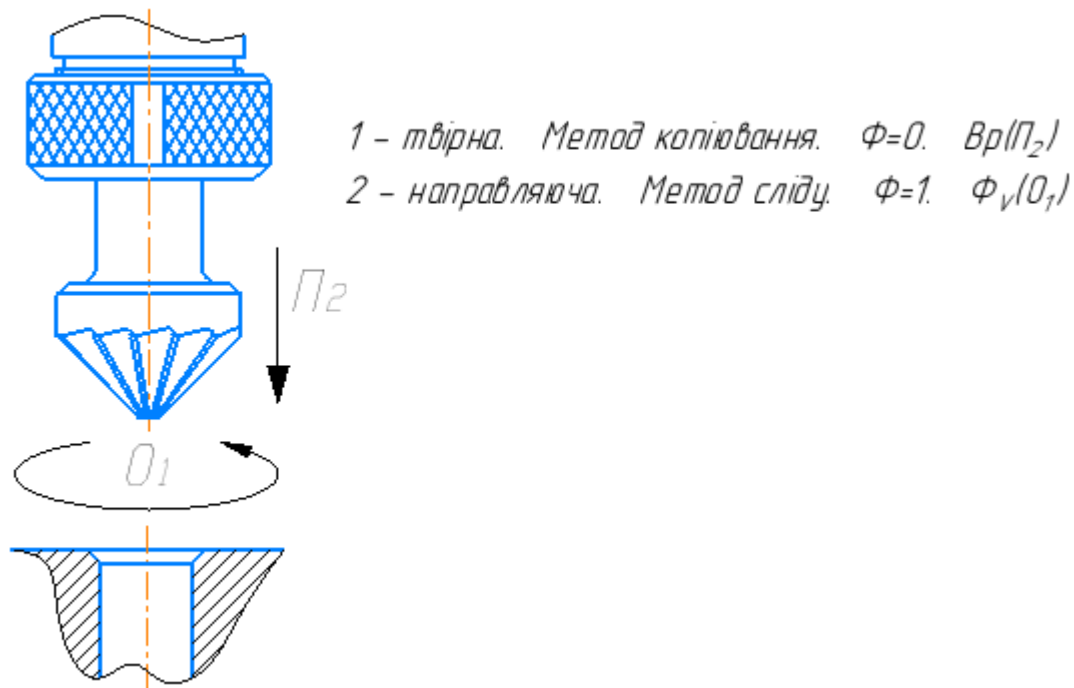


Рис. 1.4. Схема формоутворення при обробці зенкером

Обробка деталі також передбачає виконання операції нарізання різі, на рис. 1.5 приведено схему формоутворення, яка повинна бути реалізована, для отримання різевої поверхні.

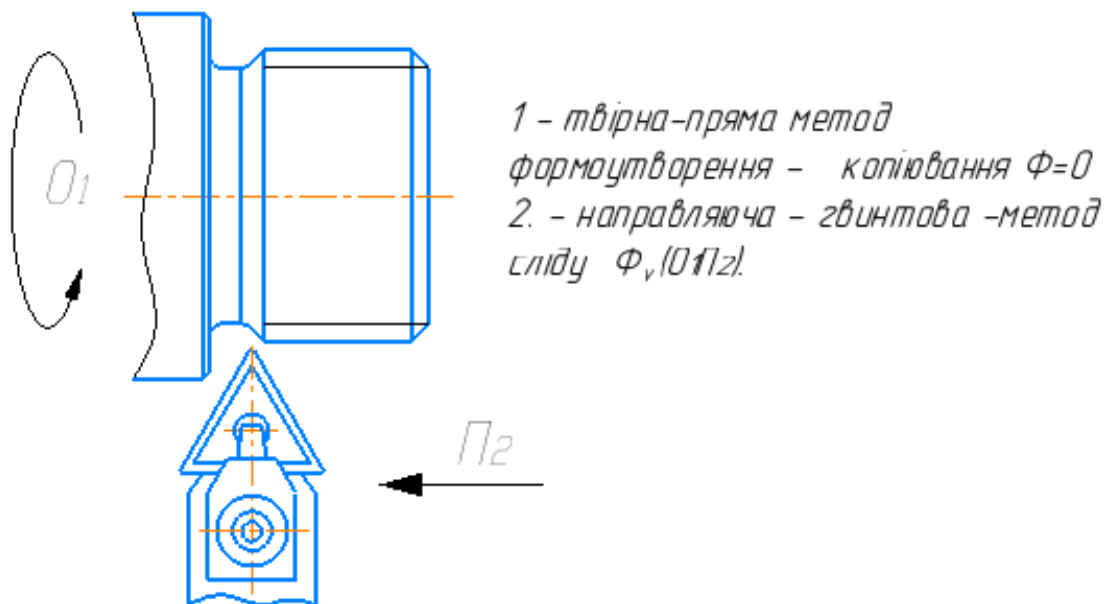


Рис. 1.5. Схема формоутворення при нарізанні різі різцями

Деталь «Піввісь ПТК2211.420» має в своєму складі центрувальний отвір, для його отримання використовується centruвальне свердло, перелік необхідних при цьому формуютьючих рухів приведений на рис. 1.6.

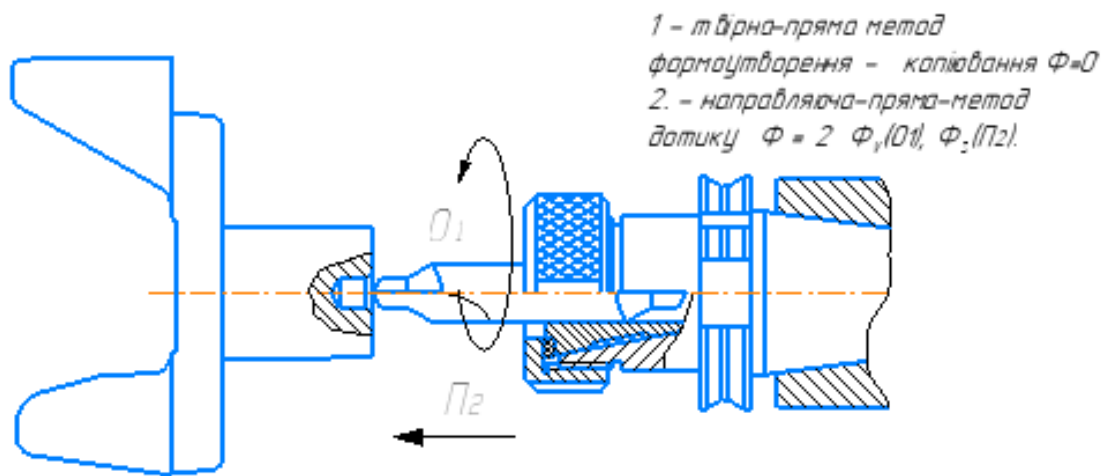


Рис. 1.6. Формування при центруванні отвору

Обробка деталі передбачає виконання операцій фрезерування з використанням циліндричної та торцевої фрези на рис. 1.6 та рис. 1.7 приведено комплекси формуютьючих рухів, які при цьому повинні забезпечуватись.

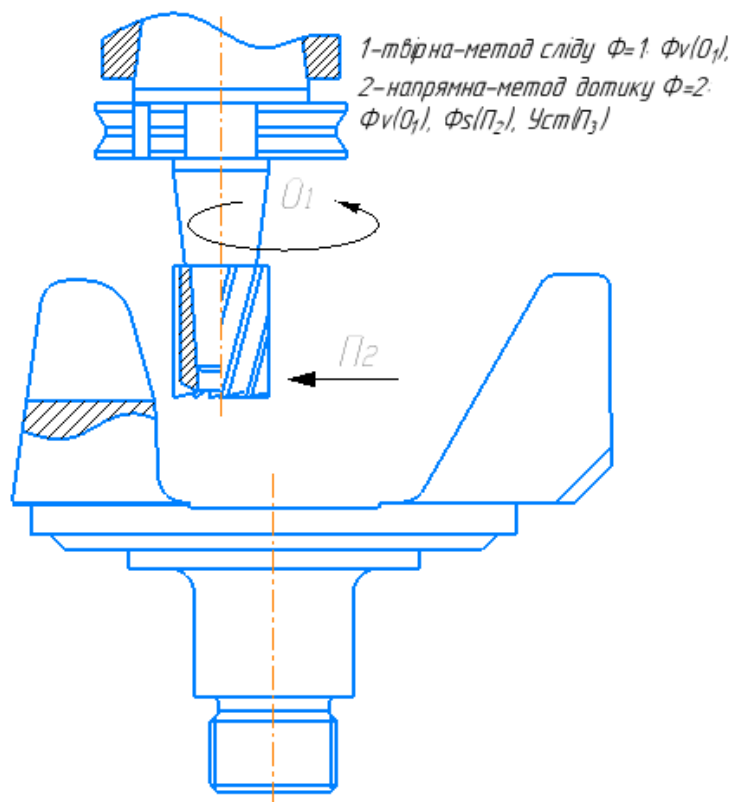


Рис. 1.6. Схема формування при фрезеруванні циліндричною фрезою

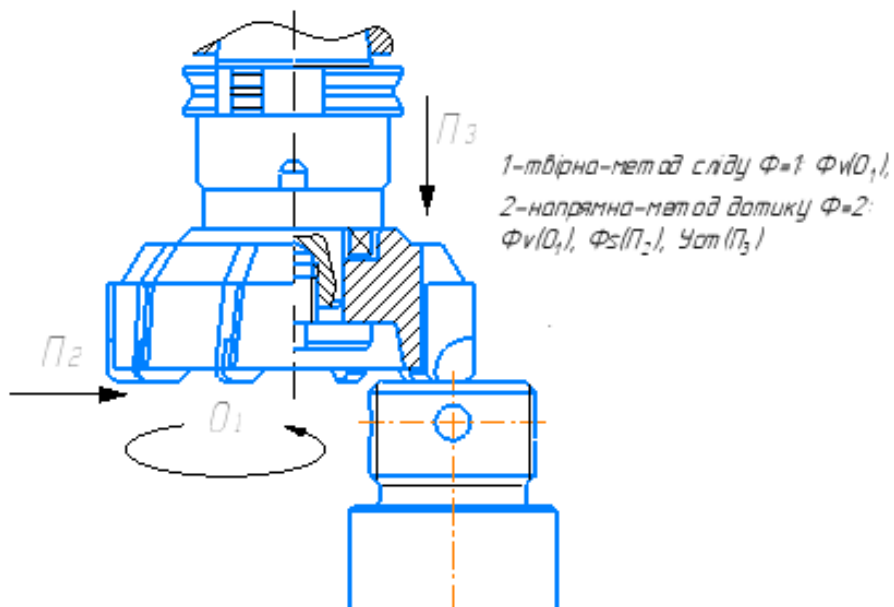


Рис. 1.7. Схема формоутворення при фрезеруванні торцевою фрезою

При обробці деталі «Піввісь ПТК2211.420» передбачено виконання токарних операцій, на рис. 1.8 приведено схему, яка дозволяє визначити необхідні формоутворюючі рухи.

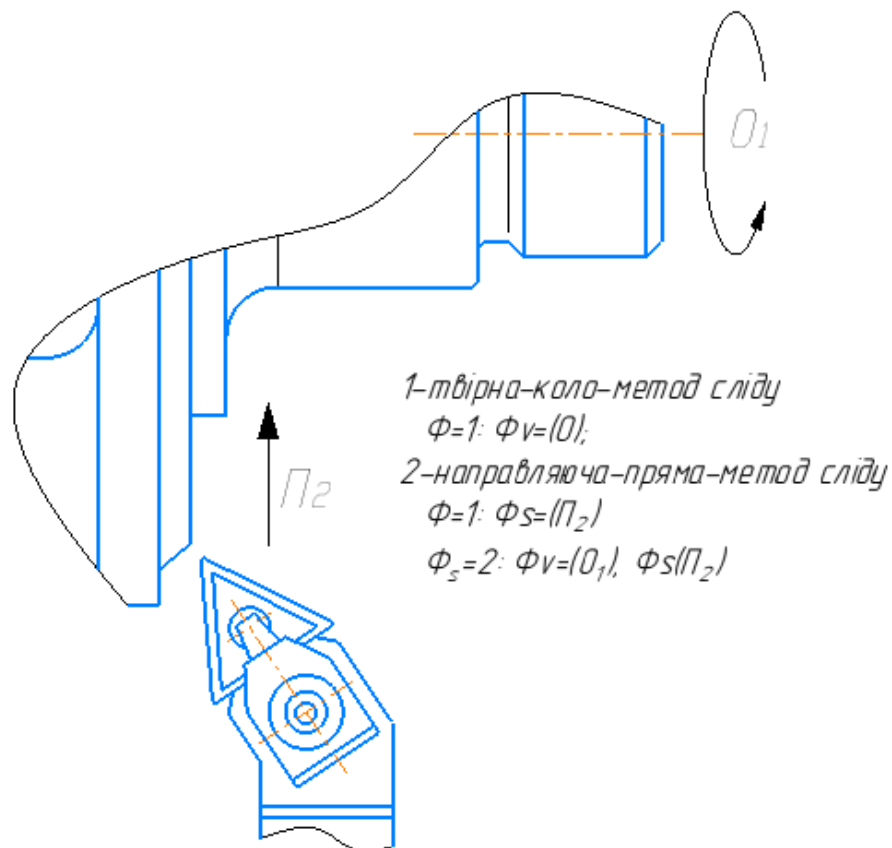


Рис. 1.8. Формоутворення при виконанні токарних операцій

Деталь «Піввісь ПТК2211.420» має в своєму складі фасонну поверхню, на рис. 1.9 приведено набір формоутворюючих рухів які необхідно при цьому забезпечити.

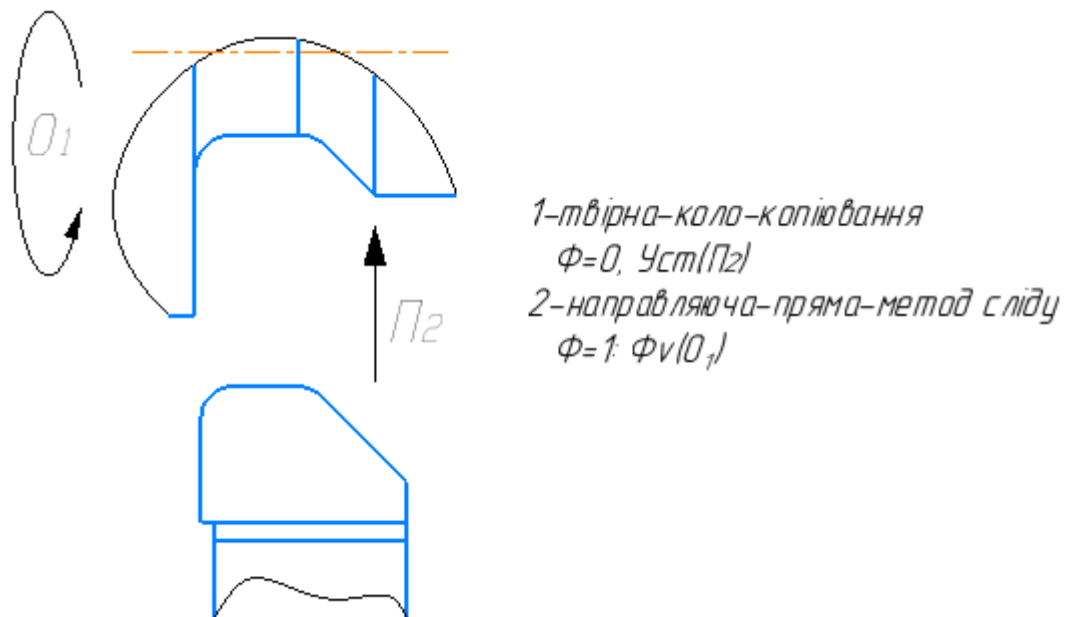


Рис. 1.9. Схема формоутворення при фасонному точінні

Розглянувши схеми формоутворення, ми можемо зробити висновок, що для обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420» доцільно використовувати верстати з ЧПК, а також багатоопераційний верстат, для зменшення кількості переустановлень заготовки в процесі обробки.

1.4 Огляд літератури

Сучасне виробництво переважно є багатономенклатурним, воно передбачає використання сучасного металорізального обладнання, при обробці деталей складної форми. Автори пропонують змінити підходи до проектування ТП, надаючи перевагу максимальній продуктивності обробки та інструментальній доступності [4].

В іншій роботі розглянуто можливість автоматизації процедури проектування ТП при обробці заготовок типу «некруглі стрижні». Автори розробили інформаційну модель заготовки, алгоритм визначення баз орієнтації при обробці деталі, а також створили комп'ютерну модель, що дозволяє реалізувати розроблені алгоритми [23]. При цьому були застосовані основні методи системно-структурного аналізу, теорія графів, теорія множин, основні елементи алгебри логіки, теорії базування та теорії алгоритмів.

В роботі українських фахівців розглянуті особливості моделювання операцій ТП при використанні пакету 3-D моделювання для подальшої обробки деталей складного профілю на верстатах з ЧПК [3].

В роботі [31] розглянуті особливості ТП обробки деталей типу некруглий стрижень, запропоновані схеми закріплення заготовок та основні види обладнання, яке при цьому застосовується.

Питанням формалізованого синтезу структури ТП присвячена публікація [2], в якій автори в якості вихідних даних при проектуванні обирають відомості про форму базової деталі, її геометричні характеристики, а також програму її випуску.

Цікавою є робота в якій автори розробили узагальнений алгоритм, що дозволяє визначити складові вузли верстату з ЧПК в залежності від основних геометричних характеристик деталі, що обробляється [30]. Розроблений ними алгоритм приведений на рис. 1.10, його використання дозволяє скоротити час розробки такого обладнання.

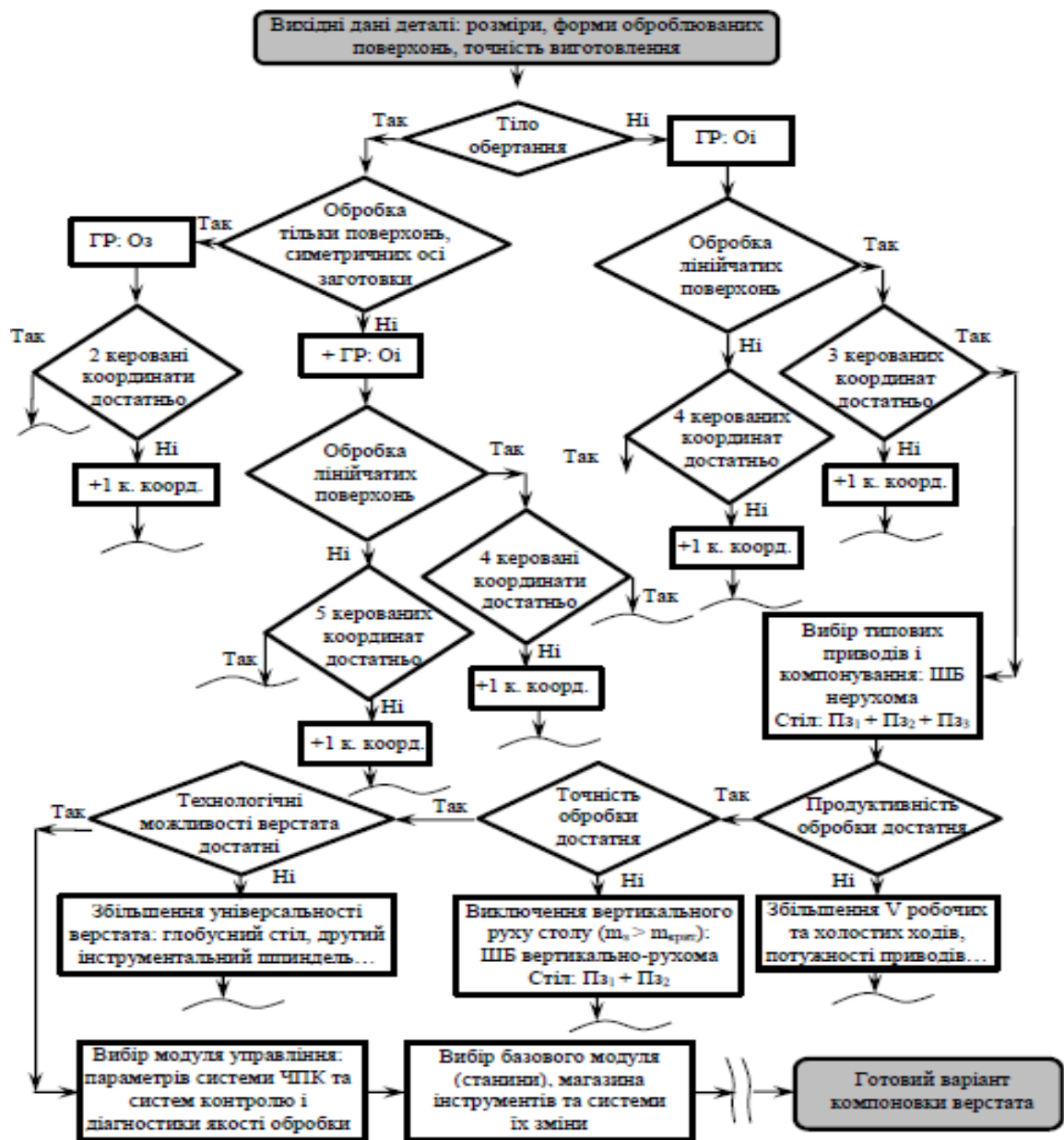


Рис. 1.10. Алгоритм, що дозволяє визначити компоновання верстату

Заслуговує на увагу колективна робота [12], в якій автори запропонували підхід, що дозволяє створювати сучасні мехатронні верстати. Методика передбачає послідовне виконання шістнадцяти етапів, її використання дозволяє скоординувати дії фахівців при проектуванні металорізальних верстатів, що містять мехатронні вузли.

В роботах вітчизняних науковців знайшли висвітлення питання, що стосуються дослідження точності подач верстатів різних груп (токарних, свердлильних, фрезерних) [11, 14, 36].

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання

Аналіз базового (заводського) ТП (див. п. 1.2) показав, що він має певні недоліки. Для того, щоб їх усунути слід застосувати обладнання, яке має кращі показники з точки зору продуктивності та застосовуваних методів обробки.

Тому перевага буде надаватись верстатам оснащеним сучасними системами ЧПК та новітнім інструментальним системам, які пропонують провідні фірми виробники.

Виходячи з приведених вище міркувань, ми пропонуємо ТП, в якому будуть використовуватися верстати з ЧПК, його приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Проектний ТП виготовлення деталі «Піввісь ПТК2211.420»

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК	2254ВМФ4
010	Токарна з ЧПК	16К20Ф3
015	Фрезерна з ЧПК	ГФ2171С5
020	Свердлувальна з ЧПК	2Р135Ф2-1
025	Фрезерна з ЧПК	ГФ2171С5
030	Токарна з ЧПК	16К20Ф3

Запропонований ТП забезпечує використання верстатів з ЧПК, для якого характерна висока концентрація операцій. Також запропонований ТП дозволяє зменшити кількість робітників, що задіяні на виробництві.

В таблиці 2.2. приведено детальний технологічний маршрут обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420», який передбачає використання високопродуктивних верстатів з ЧПК.

					<i>КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>		
Розроб.		Штик Б.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Кантр.		Кабельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						20	10
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м.Тернопіль</i>		

Таблиця 2.2. Технологічний маршрут обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420»

№ опер.	Назва та зміст операції	Ескіз обробки
1	2	3
005	<u>Багатоцільова з ЧПК</u> 1. Фрезерувати остаточно торець в р-р 1. 2. Фрезерувати остаточно паз в р-р 2, 3, 4. 3. Свердлити центровий отвір в р-р 5, 6, 7, 8. 4. Свердлити центровий отвір в р-р 9, 10, 11, 12.	
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Точити попередньо, по контуру в р-р 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. 2. Точити послідовно попередньо, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14. 3. Точити послідовно остаточно, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 3, 4', 5, 6', 7'. 4. Нарізати різь в р-р 1'.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ

Арк.

21

1	2	3
015	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1.Фрезерувати попередньо, послідовно в р-р 1, 2, 3, 4, 5. 2.Фрезерувати однократно паз в р-р 6, 7, 8. 3.Фрезерувати остаточно, послідовно в р-р 1', 2', 3', 4'.	
020	<u>Свердлильна з ЧПК</u> <i>А. Встановити, закріпити, зняти</i> 1.Ценрувати послідовно два отвори в р-р 1, 2, 3, 4 2.Свердлити наскрізний отвір в р-р 1, 4, 6. 3.Свердлити наскрізний отвір в р-р 1, 2, 3, 5. 4.Зенкерувати два отвори послідовно, попередньо в р-р 2, 5', 6'. 5.Зенкерувати два отвори послідовно, остаточно в р-р 2, 5'', 6''. 6.Зенкувати два отвори в р-р 2, 7. <i>Б. Встановити, закріпити, зняти</i> 7.Зенкувати два отвори в р-р 2, 7. <i>В. Встановити, закріпити, зняти</i> 8.Свердлити послідовно два наскрізних отвори в р-р 1, 2, 3.	

1	2	3
025	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в р-р 1, 3. 2. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в р-р 2.	
030	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Точити остаточно, тонко, поверхню в р-р 1. 2. Точити остаточно, тонко, поверхню в р-р 2. 3. Підрізати торець, остаточно, тонко в р-р 3.	

2.2 Розрахунок режимів різання для однієї із технологічних операцій

Проведемо розрахунок для однієї із технологічних операцій (технологічного переходу) аналітичним методом, а на інші на основі нормативних даних (табличним методом).

Аналітичний метод розрахунків враховує матеріал заготовки, геометричні параметри різального інструменту, та матеріал з якого його виготовлено. Крім того слід врахувати технічні характеристики обладнання, на якому буде проводитись обробка.

Проведемо розрахунки щодо обробки поверхні 1 в розмір $68h11$. Дану поверхню отримуємо за два технологічні переходи, а саме чорнове та чистове фрезерування (рис. 2.1).

Для розрахунку величини швидкості різання скористаємось наступним виразом [19, 21]:

$$V = \frac{C_g \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_g \quad (2.1)$$

де: C_g – коефіцієнт, який дозволяє врахувати особливості оброблюваного матеріалу та умови в яких відбувається обробка;

m, x, y, u, p, q – значення які приймають показники степені.

$C_g = 390; q = 0,17; x = 0,19; y = 0,28; u = -0,05; p = 0,1; m = 0,33.$

$$K_g = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (2.2)$$

K_{mv} – значення коефіцієнту, який може врахувати якість оброблюваного матеріалу;

K_{pv} – значення коефіцієнту, який може врахувати стан поверхні заготовки;

K_{iv} – значення коефіцієнту, який може врахувати матеріал інструменту.

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.3)$$

K_r – значення коефіцієнту, що дозволяє врахувати групу сталі по оброблюваності; n_v – значення показнику степені.

$K_r = 1,0; n_v = 1,0.$

Стосовно Сталі 45 згідно $\sigma_B = 890$ Мпа.

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{890} \right)^{1,0} = 0,84$$

$K_{pv} = 0,8; K_{iv} = 1,0.$

$$K_g = 0.84 \cdot 0.8 \cdot 1 = 0,672$$

B – величина значення ширини фрезерування, $B = 34$ мм;

T – значення стійкості фрези, $T = 120$;

t – значення глибини фрезерування, $t = 1,022$ мм;

$S_z^{\square}$ - значення подачі на зуб, $S_z^{\square} = 0,12$ мм.

Тоді розрахункове значення швидкості різання буде становити:

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$V = \frac{390 \cdot 63^{0,17}}{120^{0,33} \cdot 1,022^{0,19} \cdot 0,18^{0,28} \cdot 34^{-0,05} \cdot 12^{0,1}} \cdot 0,672 = 163,4 \text{ м/хв}$$

Визначаємо значення частоти обертання торцевої фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 163,3}{3,14 \cdot 63} = 825 \text{ об/хв}$$

Розрахуємо значення головної складової сили різання при фрезерування, а саме окружної сили:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} \quad (2.5)$$

z – значення числа зубів фрези;

n – значення частоти обертання фрези об/хв;

C_p – значення поправочного коефіцієнту, $C_p = 101$;

n, x, y, w, q – табличні значення коефіцієнтів показників степені, $n = 0,3$;

$x = 0,88$; $y = 0,7$; $w = 0$; $q = 0,87$;

$K_{\text{мр}}$ – значення поправочного коефіцієнту, що дозволяє врахувати якість оброблюваного матеріалу, його можна розрахувати за виразом:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (2.6)$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{890}{750} \right)^{0,3} = 1,05$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 101 \cdot 1,022^{0,88} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 34^{0,75} \cdot 12}{63^{0,87} \cdot 825^0} \cdot 1,05 = 1410 \text{ Н} = 1,4 \text{ кН}$$

Проведемо розрахунок основних складових сили різання (рис. 2.3), а саме:

- горизонтальної (сили подачі) Ph ;
- вертикальної Pv ;
- радіальної $Pу$;
- осьової Px .

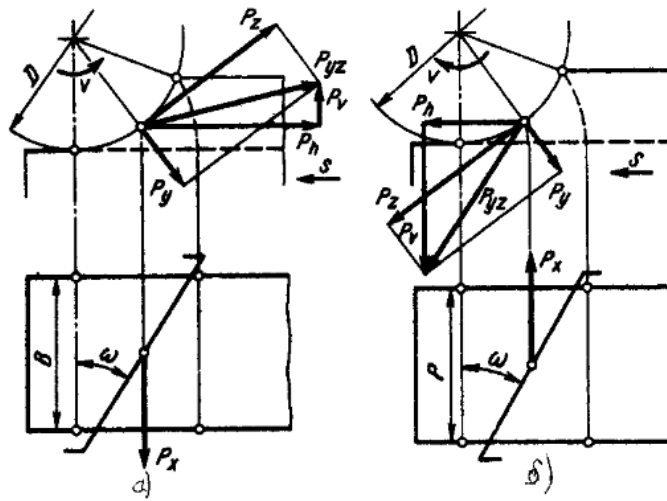


Рис. 2.3. Складові сил різання а) – при зустрічному фрезеруванні;
б) – при попутному фрезеруванні

Для розрахунку складової по якій розраховують оправку на згин, скористаємось залежністю:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} \quad (2.7)$$

$$P_y/P_z = 0,9; \quad P_y = 1,4 \cdot 0,9 = 1,26 \text{ кН} - \text{радіальна сила.}$$

Тоді розрахункове значення ефективної потужності різання, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.8)$$

$$N_e = \frac{1410 \cdot 163,4}{1020 \cdot 60} = 3,75 \text{ кВт}$$

Проведемо розрахунок величини довжини робочого ходу $L_{рх}$, для цього скористаємось формулою:

$$L_{рх} = L + L_{вр} + L_{пер} + L_{різ} \quad (2.9)$$

де $L_{різ}$ – значення довжини обробки;

$L_{вр}$ – значення довжини врізання;

$L_{пер}$ – значення довжини перебігу.

Ми відповідно отримаємо:

$$L = 24 \text{ мм}; \quad L_{вр} + L_{пер} = 105 \text{ мм}; \quad L_{рх} = 130 \text{ мм.}$$

На наступному кроці визначаємо величину хвилинної подачі:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot Z \cdot n \quad (2.10)$$

де S_z – величина подачі на зуб;

Z – значення числа зубів;

n – величина частоти обертання.

Після підстановки отримаємо:

$$S_{\text{хв}} = 0,12 \cdot 12 \cdot 825 = 1188 \text{ мм/хв}$$

За аналогічними виразами проведемо обчислення для технологічного переходу, а саме *фрезерування остаточне*.

Значення величини подачі обираємо виходячи з необхідності отримати задану шорсткість поверхні.

Приймаємо величину подачі із діапазону $S_z^{\square} = 0,3 - 0,6 \text{ мм/об}$.

Приймаємо $S_z^{\square} = 0,3 \text{ мм/об}$.

Обчислимо величину швидкості різання (за формулою 2.1):

При цьому використовуємо наступні коефіцієнти:

$$C_g = 390; q = 0,17; x = 0,19; y = 0,28; u = -0,05; p = 0,1; m = 0,33.$$

$$K_g = 0,672; T = 120; t = 0,665 \text{ мм}.$$

$$V = \frac{390 \cdot 63^{0,17}}{120^{0,33} \cdot 0,665^{0,19} \cdot 0,18^{0,28} \cdot 34^{-0,05} \cdot 12^{0,1}} \cdot 0,672 = 180 \text{ м/хв}$$

На наступному кроці визначимо значення частоти обертання шпинделя, що відповідає розрахованій величині швидкості (за формулою 2.4):

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 63} = 908 \text{ об/хв}$$

Обчислимо значення хвилинної подачі (за формулою 2.10):

$$S_{\text{хв}} = 0,12 \cdot 12 \cdot 900 = 1296 \text{ мм/хв}$$

Результати, отримані в процесі обрахунків зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Отримані значення режимів різання для поверхні 68h11

Найменування переходу	Режими різання		
	S , мм/хв	V , м/хв	n , хв ⁻¹
Чорнове фрезерування	0,12	163,4	825
Чистове фрезерування	0,22	180	900

Обчислимо величину крутного моменту на шпинделі [19]:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (2.11)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{1410 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 444 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для решти технологічних операцій та переходів величини режимів різання призначаємо на основі табличних даних, їх результати зведені в таблицю та представлені в Додатку А.

2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

При обробці деталі «Піввісь ПТК2211.420» згідно розробленого ТП використовуються верстати з ЧПК, нижче проведений перелік операцій та обладнання, яке при цьому буде використовуватись:

- 005 Багатоцільова з ЧПК – верстат моделі 2254ВМФ4;
- 010 Токарна з ЧПК – верстат моделі 16К20Ф3;
- 015 Фрезерна з ЧПК – верстат моделі ГФ2171С5;
- 020 Свердлувальна з ЧПК – 2Р135Ф2-1;
- 025 Фрезерна з ЧПК – верстат моделі ГФ2171С5;
- 030 Токарна з ЧПК - верстат моделі 16К20Ф3.

Характеристики даного обладнання наведено в додатку Б.

2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції

Обробка деталі «Піввісь ПТК2211.420» передбачає використання інструментів, їх перелік по окремих операціях приведений в табл. 2.4.

					<i>КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.4. Інструменти, що використовуються для обробки деталі

Найменування і короткий зміст операції	Ріжучий інструмент
005. Багатоцільова з ЧПК (2254ВМФ4) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати остаточно торець в розмір 1; 3. Фрезерувати остаточно паз в розмір 2, 3, 4; 4. Свердлити центровий отвір в розмір 5, 6, 7, 8; 5. Свердлити центровий отвір в розмір 9, 10, 11, 12.	3918330000 фреза циліндрична ГОСТ 1092-80, 3912420000 свердло центрувальне ГОСТ 1092-80
010. Токарна з ЧПК (16К20Ф3) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Точити попередньо, по контуру в розмір 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13; 3. Точити послідовно попередньо, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в розмір 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14; 4. Точити послідовно остаточно, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 3, 4', 5, 6', 7'; 5. Нарізати різь в р-р 1'.	3916120000 різець прохідний ГОСТ 1092-80; 392310000 різець різенарізний,
015. Фрезерна з ЧПК (ГФ2171С5) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати попередньо, послідовно в розмір 1, 2, 3, 4, 5; 3. Фрезерувати однократно паз в розмір 6, 7, 8; 4. Фрезерувати остаточно, послідовно в розмір 1', 2', 3', 4'	3918330000 фреза циліндрична ГОСТ 1092-80
020. Свердлильна з ЧПК (2Р135Ф2) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Центрувати послідовно два отвори в розмір 1, 2, 3, 4; 3. Свердлити наскрізний отвір в розмір 1, 4, 6; 4. Свердлити наскрізний отвір в розмір 1, 2, 3, 5; 5. Зенкерувати 2 отв. послідовно, попередньо в розмір 2, 5', 6'; 6. Зенкерувати 2 отв. послідовно, остаточно в розмір 2, 5", 6"; 7. Зенкувати два отвори в розмір 2, 7; 8. Зенкувати два отвори в розмір 2, 7; 9. Свердлити послідовно 2 наскрізних отвори в розмір 1, 2, 3.	396140 пристрій УСП; 3912420000 свердло центрувальне ГОСТ 1092-80; 3912210000 свердло спіральне ГОСТ 1092-80; 3917110000 зенкер ГОСТ 1092-80; зенківка ГОСТ 3231-72.
025. Фрезерна з ЧПК (ГФ2171С5) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в розмір 1, 3; 3. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в розмір 2.	396140 пристрій УСП; 3918330000 фреза циліндрична
030. Токарна з ЧПК (16К20Ф3) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Точити остаточно, тонко, поверхню в розмір 1; 3. Точити остаточно, тонко, поверхню в розмір 2; 4. Підрізати торець, остаточно, тонко в розмір 3.	396140 пристрій УСП; 3916120000 різець прохідний ГОСТ 1092-80; 3921310000 різець підрізний ГОСТ 1092-80

Для організації технічного контролю на ділянці може використовуватись контрольнo-вимірювальний інструмент, його перелік приведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Зведені відомості про контрольно-вимірний інструмент

Найменування і короткий зміст операції	Вимірний інструмент
005. Багатоцільова з ЧПК (2254ВМФ4) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати остаточно торець в розмір 1; 3. Фрезерувати остаточно паз в розмір 2, 3, 4; 4. Свердлити центровий отвір в розмір 5, 6, 7, 8; 5. Свердлити центровий отвір в розмір 9, 10, 11, 12.	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-2
010. Токарна з ЧПК (16К20Ф3) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Точити попередньо, по контуру в розмір 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13; 3. Точити послідовно попередньо, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в розмір 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14; 4. Точити послідовно остаточно, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 3, 4', 5, 6', 7'; 5. Нарізати різь в р-р 1'.	Штангенциркуль ШЦ-I-250
015. Фрезерна з ЧПК (ГФ2171С5) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати попередньо, послідовно в розмір 1, 2, 3, 4, 5; 3. Фрезерувати однократно паз в розмір 6, 7, 8; 4. Фрезерувати остаточно, послідовно в розмір 1', 2', 3', 4'	калібр пробка
020. Свердлильна з ЧПК (2Р135Ф2) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Центрувати послідовно два отвори в розмір 1, 2, 3, 4; 3. Свердлити наскрізний отвір в розмір 1, 4, 6; 4. Свердлити наскрізний отвір в розмір 1, 2, 3, 5; 5. Зенкерувати два отвори послідовно, попередньо в розмір 2, 5', 6'; 6. Зенкерувати 2 отв. послідовно, остаточно в розмір 2, 5", 6"; 7. Зенкувати два отвори в розмір 2, 7; 8. Зенкувати два отвори в розмір 2, 7; 9. Свердлити послідовно 2 наскрізних отвори в розмір 1, 2, 3.	Штангенциркуль ШЦ-I-250
025. Фрезерна з ЧПК (ГФ2171С5) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в розмір 1, 3; 3. Фрезерувати поверхню однократно, остаточно в розмір 2.	Штангенциркуль ШЦ-I-250
030. Токарна з ЧПК (16К20Ф3) 1. Встановити і закріпити деталь, зняти деталь; 2. Точити остаточно, тонко, поверхню в розмір 1; 3. Точити остаточно, тонко, поверхню в розмір 2; 4. Підрізати торець, остаточно, тонко в розмір 3.	Штангенциркуль ШЦ-I-250

При проектуванні та виборі різального інструменту доцільно використовувати методику приведену в літературі [15, 34].

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата

В першому розділі представленої кваліфікаційної роботи ми здійснили аналіз основних формоутворюючих рухів, які слід забезпечити, для обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420».

На їх основі розробимо структурно-кінематичну схему верстату. Оскільки обробка передбачається на верстатах з ЧПК, то для забезпечення необхідних рухів будемо використовувати кінематичні ланцюги (КЛ) зі спрощеною структурою. Для кожного формоутворюючого руху будемо використовувати окремий двигун, це дозволить суттєво спростити кінематичну схему проєктованого верстату.

КЛ приводу головного руху – містить у своєму складі двигун M_1 та коробку швидкостей (рис. 3.1).

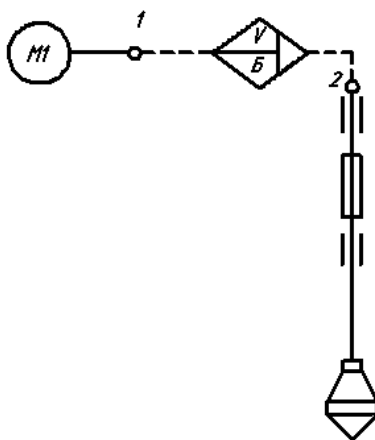


Рис. 3.1. Ланцюг приводу головного руху

КЛ переміщення шпиндельної головки - забезпечує переміщення блоку шпиндельної головки вздовж напрямних стійки верстата (рис. 3.2). Переміщення забезпечує окремий електродвигун M_4 та передача гвинт-гайка.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА				
Розроб.	Штик Б.І.								
Перевір.	Склярів Р.А.								
Реценз.									
Н. Контр.	Кодельник В. Р.								
Затверд.	Крупя В.В.								
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						32	27		
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль				

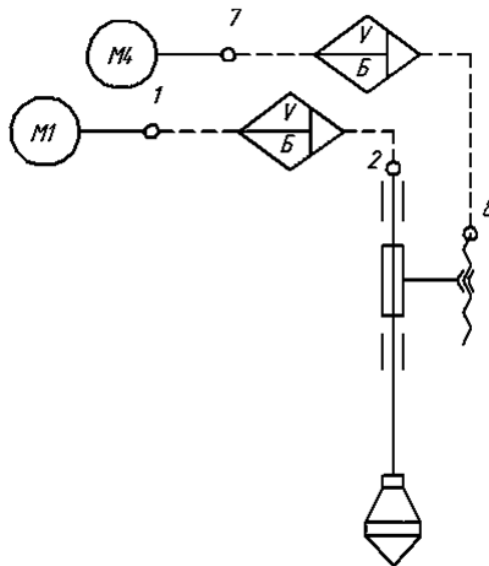


Рис. 3.2. Ланцюг переміщення шпindelної головки

КЛ, що забезпечує переміщення столу по вертикальним направляючим стійки верстата (рис. 3.3). Для цього ланцюга використовується окремий електродвигун M_5 , який передає оберти на передачу гвинт-гайка через черв'ячну передачу.

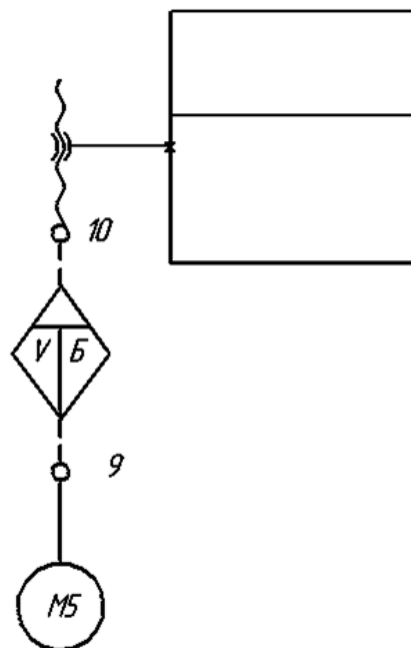


Рис. 3.3. Ланцюг переміщення столу верстату

КЛ приводу поперечного переміщення стола – в ньому використовується окремий електродвигун M_3 , від якого оберти передаються до передачі гвинт-гайка кочення (рис. 3.4).

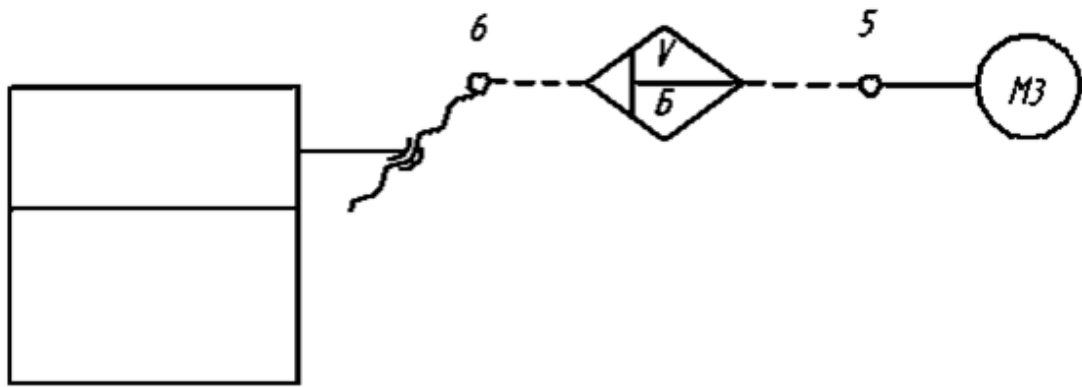


Рис. 3.4. Ланцюг приводу поперечного переміщення столу

КЛ приводу поздовжнього переміщення столу, в ньому використовується окремий електродвигун M_2 , від якого оберти передаються до передачі гвинт-гайка кочення (рис. 3.5).

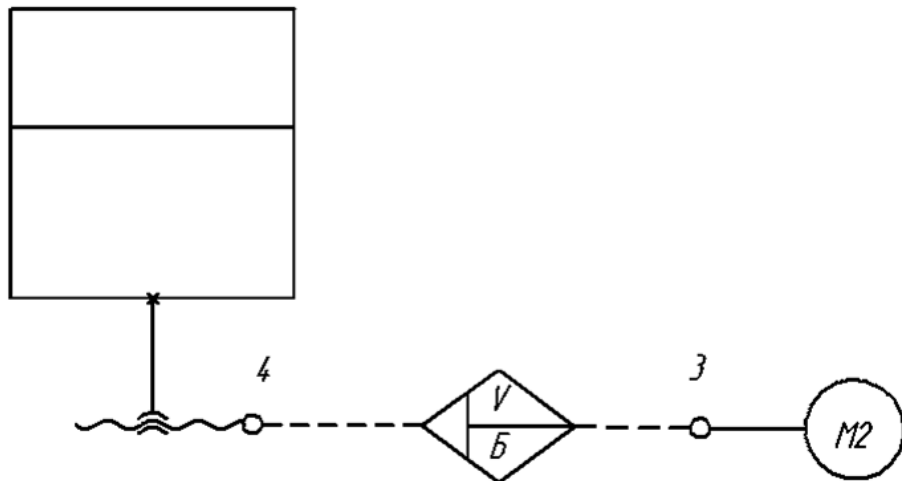


Рис. 3.5. Ланцюг приводу поздовжнього переміщення столу

На основі розроблених окремих структурно-кінематичних ланок верстату складаємо його узагальнену структурно-кінематичну схему, вона приведена на рис. 3.6.

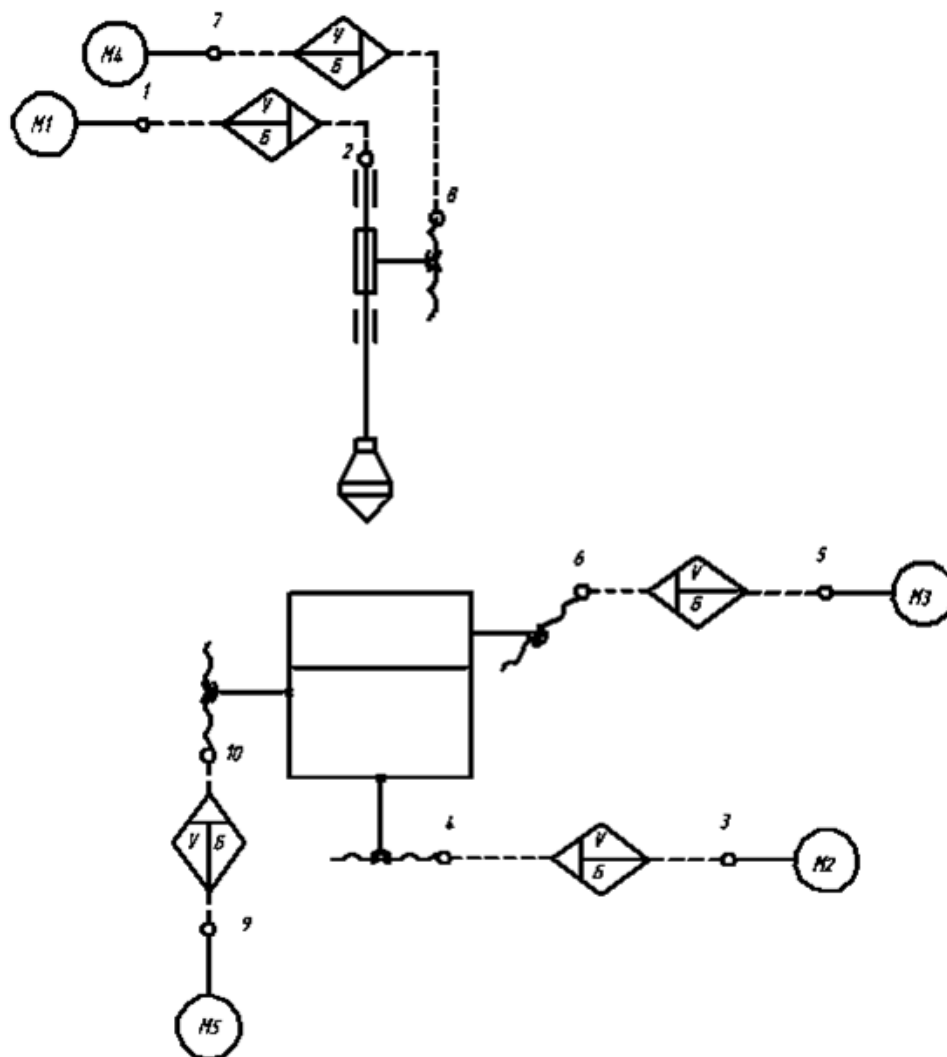


Рис. 3.6. Розроблена структурно–кінематична схема верстата

3.2 Розрахунок приводу верстату

3.2.1 Розрахунок ефективної потужності верстату

Для визначення ефективної потужності верстату слід врахувати ряд параметрів, а саме матеріал з якого виготовлено інструмент, матеріал який піддається обробці, граничні значення швидкості та подачі різання, а також параметри оброблюваної поверхні. Обрані для розрахунків значення зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Таблиця для обрання режимів різання

Матеріал		Вид обробки	Припуск , мм (Δ/z)	V, м/хв (п, об/хв)	Sz, мм/зуб	N, кВт	Примітка
Інструмент	Оброблюваний						
Торцеве фрезерування							
T15K6	Конструкційна і легована сталь	1) чорнове	5(110/4)	280(810)	0,1	7,8	
			5(150/6)	380(590)	0,07	7,8	
	2) чистове	1,5(80/5)	352(1400)	0,07	1,9		
		1,5(80/5)	316(1255)	0,1	1,9		
BK6	Сірий чавун	1) чорнове	1,5(80/5)	282(1120)	0,13	2,7	
			3,5(110/12)	158(455)	0,18	7,8	
		2) чистове	3,5(110/12)	141(410)	0,26	9,4	
			1,5(75/10)	260(1100)	0,1	3,3	
P18	Мідні і алюмінієві сплави	1) чорнове	1,5(75/10)	232(985)	0,13	2,7	Фрези з крупн. зуб.
			10(110/12)	65(189)	0,24	7,9	
		2) чистове	10(110/12)	58(168)	0,33	9,4	
			3(90/10)	82(290)	0,18	1,3	
P18	Сталь	1) чорнове	3(90/10)	72(256)	0,24	1,6	
			10(150/16)	39(83)	0,1	5,1	
		2) чистове	10(150/16)	35(75)	0,13	7,3	
			3(75/10)	43,5(184)	0,1	1,2	
P18	вуглецева	2) чистове	3(75/10)	34(145)	0,18	1,5	
			10(110/12)	65(189)	0,24	7,9	
		2) чистове	10(110/12)	58(168)	0,33	9,4	
			3(90/10)	82(290)	0,18	1,3	
Фрезерування кінцеве							
T15K6	Конструкційна і вуглецева сталь	1) чорнове	9,0(30/4)	141(1500)	0,05	3,1	Фрези з напайними пластинами
			9,0(30/4)	130(1380)	0,077	3,1	
	2) чистове	3,4(30/4)	151(160)	0,105	1,8		
		3,4(30/4)	138(1470)	0,145	2,2		
Фрезерування кінцевими фрезами							
P18	Конструкційна і вуглецева сталь		10(16/4)	35(690)	0,045	1	Нормальний зуб
			10(16/4)	26,5(420)	0,07	1,5	
			10(16/4)	19,5(195)	0,09	1,8	
P18	Серый чугун		21(20/5)	23(370)	0,05	1,8	Нормальний зуб
			15(20/5)	22(345)	0,07	1,8	
			15(25/5)	21(270)	0,1	1,5	
Фрезерування площин і уступів дисковими фрезами							
P18	Конструкційна і вуглецева сталь	1) чорнове	40(150/16)	32,5(69)	0,1	4,3	
			40(150/16)	30,5(65)	0,13	6,1	
	2) чистове	8(60/16)	43,5(230)	0,1	1,8		
		8(60/16)	41(217)	0,13	3		

На початковому етапі визначаємо значення максимальної потужності, яку необхідно затратити для здійснення процесу різання ($P_p = N$), для цього скористаємось формулою [1]:

$$P_{ед} = P_{гол} + P_{под} = \frac{P_p}{\eta_{гол} \cdot k} + (0,15 \dots 0,20) \cdot P_{гол}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де $k=1,25$ – значення коефіцієнту, що характеризує короткочасне навантаження, яке може допускатися стандартним двигуном.

$\eta_{\text{гол}} = 0,85$ – прийняте значення ККД для приводу головного руху верстата.

Якщо проаналізувати дані табл. 3.1, то ми виясимо, що найбільше значення потужності відповідає чорновому фрезеруванню торцевою фрезею заготовки із сірого чавуну. Для розрахунків приймаємо: $P_p = 9,4$ кВт. Після підстановки отримаємо:

$$P_{\text{гол}} = \frac{P_p}{\eta_{\text{гол}} \cdot k} = \frac{9,4}{0,85 \cdot 1,25} = 8,86 \text{ кВт}$$

Звідси визначаємо необхідну потужність двигуна для приводу подач:

$$P_{\text{под}} = (0,15 \dots 0,20) \cdot 8,86 = 1,89 \text{ кВт}$$

Розрахунки показують, що величина потужності електродвигуна буде становити:

$$P_{\text{ед}} = 8,86 + 1,89 = 10,75 \text{ кВт}$$

На основі отриманого значення ($P_{\text{ед}} = 10,75$ кВт) проведемо вибір марки електродвигуна. Згідно існуючих рекомендацій обираємо двигун 4AM160S4B3, для якого $P_{\text{дв}} = 11$ кВт, $n_{\text{ед}} = 1450$ об/хв.

3.2.2 Розрахунок значень частот і подач

Для визначення величини частот обертів шпинделя верстату n і граничного значення величини подач S слід провести аналіз режимів різання, що може забезпечити проектований верстат. Для цього візьмемо приведені значення, що містяться в таблиці 3.1.

На початковому етапі визначимо максимальні (граничні) значення частот, що може забезпечити шпиндель (N_{max} та N_{min}), для цього скористаємось виразами [1]:

$$n_{\text{min}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{min}}}{\pi \cdot D_{\text{max}}} \quad (3.2)$$

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} \quad (3.3)$$

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot 19,5}{3,14 \cdot 150} = 41,4 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 380}{3,14 \cdot 75} = 1631,6 \text{ об/хв}$$

На основі табл. 3.1 вибираємо граничні значення S_{min} і S_{max} , вони відповідно будуть становити:

$$S_{min} = 0,045 \text{ мм/зуб};$$

$$S_{max} = 0,33 \text{ мм/зуб}$$

Після цього проведемо розрахунок числа ступенів та розрахункові значення частот обертання n на кожній ступені.

Методика розрахунку передбачає визначення діапазону регулювання приводу [1]:

$$R_n = 1,25 \cdot \frac{N_{max}}{N_{min}} \quad (3.4)$$

де 1,25 – коефіцієнт, що дозволяє врахувати розширення технічних можливостей верстату.

$$R_n = 1,25 \cdot \frac{1613,6}{41,4} = 48,7$$

Проведемо розрахунок величини z , скориставшись виразом [1]:

$$z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1 \quad (3.5)$$

де $\varphi = 1,26$.

$$z = \frac{\lg 48,7}{\lg 1,26} + 1 = 17,8$$

Приймаємо $z = 18$.

На наступному кроці визначаємо проміжні значення частот обертання, для цього скористаємось виразами:

$$n_{min} = n_1 \quad (3.6)$$

$$n_i = n_{i-1} \cdot \varphi, \quad (3.7)$$

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$n_i = n_1 \cdot \varphi_{i-1}, \quad (3.8)$$

де n_{min} – значення, що відповідає мінімальній частоті обертання шпинделя;

φ – значення знаменника геометричного ряду частот.

$$\varphi = 1,26$$

Тоді після підстановки ми отримаємо такі значення частоти обертання (об/хв):

$$n = 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, \\ 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000.$$

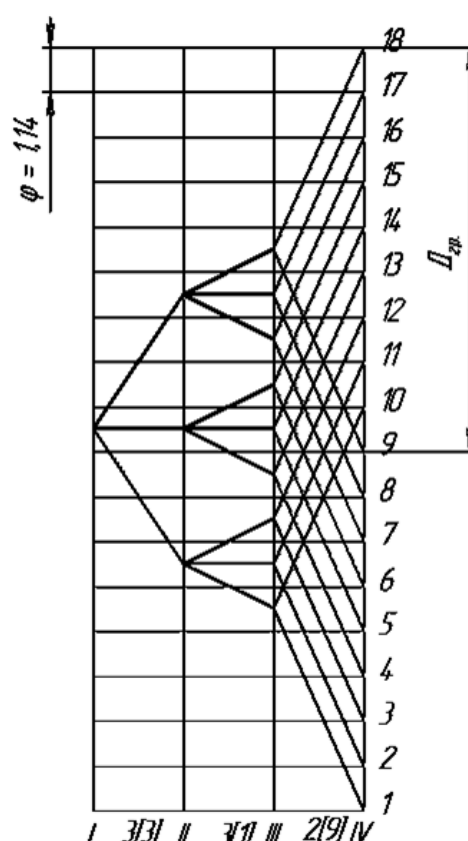
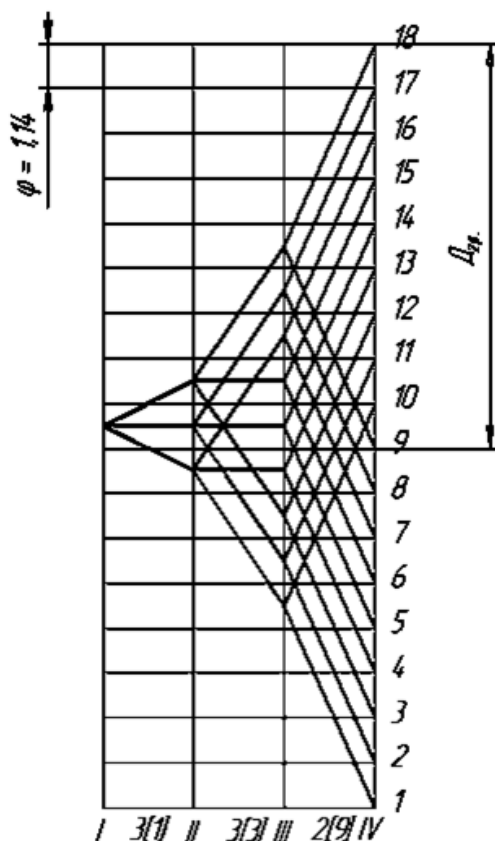
3.2.3 Розробка структурної формули та структурної сітки

Перейдемо до побудови різноманітних варіантів структурної сітки та обрання оптимального. Для цього необхідно визначити оптимальне співвідношення між кількістю групових передач та кількістю передач у межах групи (вона по можливості повинна бути мінімальною). Згідно рекомендацій, конструктивне розташування кінематичних груп, повинно передбачати поступове зменшення кількості передач у групах та забезпечувати ріст їх характеристик вздовж КЛ у напрямку до вихідного валу.

При значенні $Z_n = 18$ ми можемо отримати такі варіанти структури:

$$\begin{aligned} z &= 2(1) \cdot 3(2) \cdot 3(6) = 18 \\ z &= 3(1) \cdot 2(3) \cdot 3(6) = 18 \\ z &= 3(1) \cdot 3(3) \cdot 2(9) = 18 \\ z &= 3(3) \cdot 3(1) \cdot 2(9) = 18 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Згідно попередньо проведеного аналізу всього може бути 18 варіантів структури. З точки зору оптимальності проведемо аналіз для 3 та 4 варіанту, побудуємо їх структурні сітки (вони відповідно приведені на рис. 3.7 а) та б)).



а) - структурна сітка для 3 варіанту б) - структурна сітка для 4 варіанту

Рис. 3.7. запропоновані варіанти структурної сітки

Перший варіант є більш доцільним, оскільки така структура дозволить отримати в конструкції діаметри валів меншого перерізу.

3.2.4 Побудова графіку чисел обертів

Для побудови графіку чисел обертів необхідно розрахувати величини передаточних відношень для всіх груп передач [1].

Так для I групи передач ми отримаємо:

$$i_1 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26} = 0,44$$

Для II групи:

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26} = 0,63$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,26^3} = 0,5$$

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,4$$

Для III групи:

$$i_5 = \frac{\varphi^2}{1} = 1,26^2 = 1,6$$

$$i_6 = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26} = 0,8$$

$$i_7 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,4$$

Для IV групи:

$$i_7 = \frac{\varphi^3}{1} = 1,26^3 = 2,0$$

$$i_8 = \frac{1}{\varphi^5} = \frac{1}{1,26^5} = 0,3$$

Для розрахунку числа зубів зубчастих коліс, що входять до складу коробки швидкостей, слід прийняти, що колеса повинні бути одного модуля, а відстань між валами повинна бути постійною.

В таблиці 3.2. приведено розрахункові значення чисел зубів коліс по ступеням. Для розрахунків будемо використовувати спосіб найменшого кратного [1].

Таблиця 3.2. Розрахунок числа зубів коліс по ступеням

Вали	I	II	III	IV	V	VI
колеса	$Z_2 = 27$	$Z_3 = 53$	$Z_7 = 38$	$Z_{12} = 37$	$Z_{17} = 69$	$Z_{20} = 39$
		$Z_4 = 39$	$Z_8 = 32$	$Z_{13} = 46$	$Z_{18} = 38$	
		$Z_5 = 22$	$Z_9 = 17$	$Z_{14} = 26$	$Z_{19} = 39$	
		$Z_6 = 16$	$Z_{10} = 27$	$Z_{15} = 82$		
			$Z_{11} = 35$	$Z_{16} = 19$		

На підставі цих розрахунків визначимо реальні значення чисел обертів шпинделя, отримані результати зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Дійсні частоти обертання вихідного валу

1.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	40.0	10.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	2538.8
2.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	250.0	11.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	192.1
3.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	100.0	12.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	1505.3
4.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	826.0	13.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	52.9
5.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	62.5	14.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	414.5
6.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	489.8	15.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	176.2
7.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	97.3	16.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	1380.6
8.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{17}{46}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	762.3	17.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	104.5
9.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{22}{17}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{19}{69}$	$\frac{39}{39} =$	324.0	18.	1450	$\frac{27}{53}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{82}{38}$	$\frac{39}{39} =$	818.5

З врахуванням рекомендованого переважного ряду чисел та на основі отриманих дійсних значень частот обертання вихідного валу побудуємо графік частот обертів (див. рис. 3.8).

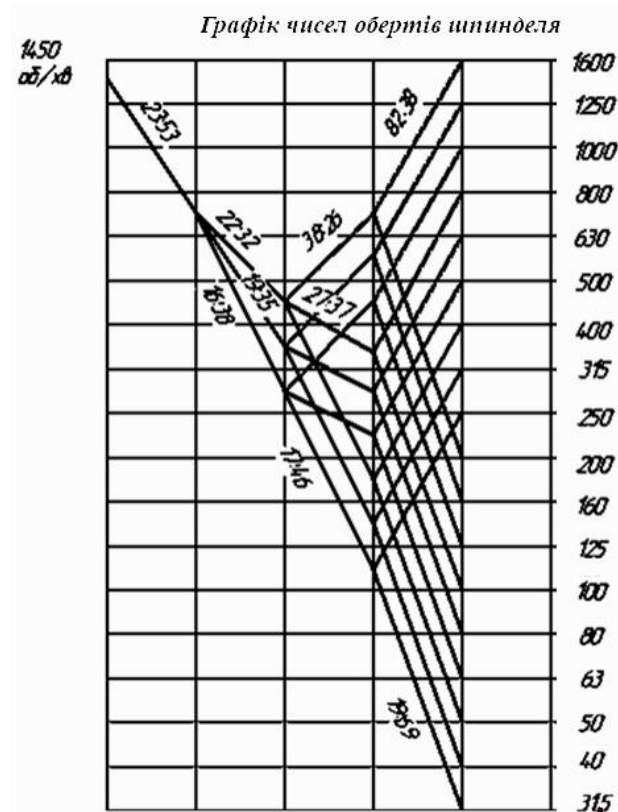


Рис. 3.8. Графік частот обертання приводу головного руху верстата

3.2.5 Визначення крутних моментів та швидкостей на валах

Проведемо проектний розрахунок валів, метою даного розрахунку є попереднє визначення розмірів валів.

Для проведення такого розрахунку будемо виходити у умови стійкості валу на кручення. Для цього скористаємось виразом [9]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (3.10)$$

де $[\tau] = 23$ Мпа – значення допустимої напруги на кручення.

На наступному етапі необхідно визначити значення крутного моменту на всіх валах коробки швидкостей, для цього скористаємось виразом:

$$T_{\text{пр}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{м}}}{n_{\text{розр}}} \quad (3.11)$$

де $n_{\text{розр}}$ – значення мінімальної частоти, при якому проводять розрахунок, дозволяє реалізувати потужність електродвигуна.

Значення крутного моменту на всіх валах розрахуємо за виразом:

$$T_{i+1} = \frac{T_i \cdot \eta_{\text{розр}}}{z_1/z_2} \quad (3.12)$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{11 \cdot 0,99}{1450} = 71,7 \text{ Нм}$$

Тоді відповідне розрахункове значення діаметру валу буде становити:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{71,2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 24,92 \text{ мм}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.4.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 3.4. Зведена таблиця розрахункового значення крутних моментів на валах та відповідних їм діаметрів

№ валу	Відношення z_1/z_2	Крутний момент, Нм	Діаметр валу, мм
<i>I</i>		71,7	24,92
<i>II</i>	23/53	162	32,78
<i>III</i>	16/38	377	39,44
<i>IV</i>	38/26	253	38,03
<i>V</i>	19/69	900	53,05
<i>VI</i>	39/39	882	52,66

Далі виходячи з конструктивних міркувань приймаємо: $d_1 = 40$ мм; $d_2 = 40$ мм; $d_3 = 40$ мм; $d_4 = 45$ мм; $d_5 = 55$ мм; $d_6 = 75$ мм.

3.2.6 Розрахунок модуля передач та конструктивних параметрів зубчастих коліс

Згідно існуючих рекомендацій розрахунок слід проводити по вітці, яка знаходиться на 1/3 від нижньої вітки на графіку чисел обертів.

Для розрахунку приймаємо наступні числові значення:

- величина крутного моменту на шестерні - $T = 900$ Нм;
- величина допустимих контактних напружень - $\sigma = 350$ МПа;
- прийняте значення числа зубів шестерні - $Z_1 = 19$;
- прийняте значення числа зубів колеса - $Z_2 = 69$;
- частота обертання валу шестерні - $n = 125$ об/хв.

Виходячи з умови міцності на згинання визначаємо модуль зубчастої передачі, для цього використовуємо вираз [9]:

$$m = 1.26 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_{п}}{y \cdot Z_k \cdot \psi_m \cdot [\sigma]_n}} \quad (3.13)$$

Згідно рекомендацій приймаємо: $K_H = 1.1$; $y = 0.284$; $\psi_m = 6$.

Після підстановки отримаємо:

$$m = 1.26 \cdot \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 1.1}{0.284 \cdot 69 \cdot 6 \cdot 350}} = 3.44$$

У відповідності до існуючих рекомендацій, згідно стандартного ряду, приймемо модуль передачі $m = 4$.

Виходячи з умови поверхневої міцності розрахуємо значення міжосьової відстані для валів:

$$A = 10 \cdot (U + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U \cdot [\sigma]_{\text{под}}}\right)^2 \cdot \frac{T_{\text{об}}}{\psi_m}} \quad (3.14)$$

Для обчислень приймаємо наступні коефіцієнти: $[\sigma]_{\text{под}} = \sigma_{\text{к.д}} \cdot K_{\text{к.реж}}$;
 $\sigma_{\text{к.д}} = 900 \text{ Мпа}$

$$K_{\text{к.реж}} = 1.2 \cdot \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_0 \cdot P}{60 \cdot T_p \cdot n_p}} = 1.2 \cdot \sqrt[6]{\frac{1.7 \cdot 10^8 \cdot 8.34}{60 \cdot 637 \cdot 130}} = 2.5$$

$$[\sigma]_{\text{под}} = 900 \cdot 2.5 = 2250 \text{ Мпа};$$

На наступному кроці визначаємо значення міжосьової відстані $A_{\text{розр}}$:

$$A_{\text{розр}} = A = 10 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{4 \cdot 2250}\right)^2 \cdot \frac{900}{0.15}} = 100.6 \text{ мм}$$

Підставивши розраховане раніше значення модуля, здійснимо визначимо величину міжосьової відстані:

$$A_{IV} = \frac{m \cdot (z_1 + z_{II})}{2} = \frac{4 \cdot (19 + 69)}{2} = 176 \text{ мм}$$

Проведені розрахунки показали, що $A > A_{\text{розр}}$, це означає, що прийняте значення модуля забезпечує працездатність передачі по умові згину та контактній міцності.

Оскільки це коробка передач, то з технологічних міркувань приймаємо значення модуля для всіх інших пар коліс $m = 4$. Після цього нам необхідно розрахувати значення міжосьової відстані між іншими валами.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$A_I = \frac{m \cdot (z_1 + z_{II})}{2} = \frac{4 \cdot (23 + 53)}{2} = 152 \text{ мм}$$

$$A_{II} = \frac{m \cdot (z_1 + z_{II})}{2} = \frac{4 \cdot (16 + 38)}{2} = 108 \text{ мм}$$

$$A_{III} = \frac{m \cdot (z_1 + z_{II})}{2} = \frac{4 \cdot (38 + 26)}{2} = 128 \text{ мм}$$

Конструкторський розрахунок коліс коробки швидкостей виконуємо згідно стандартної методики [8].

Вихідними даними для розрахунку буде:

- число зубів шестерні - $z_6 = 16$ (вал II);
- число зубів колеса - $z_7 = 38$ (вал III);
- значення міжосьові віддалі між II та III валами - $A_{II} = 108$ мм.

На першому етапі нам слід визначити значення ділительних діаметрів, для цього скористаємось виразами:

$$d_1 = \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta}; \quad d_2 = \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta}; \quad (3.15)$$

$$d_1 = \frac{4 \cdot 16}{\cos 0} = 64 \text{ мм};$$

$$d_2 = \frac{4 \cdot 38}{\cos 0} = 152 \text{ мм};$$

На наступному кроці знаходимо значення діаметрів виступів:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m; \quad d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m; \quad (3.16)$$

$$d_{a1} = 64 + 2 \cdot 4 = 72 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = 152 + 2 \cdot 4 = 160 \text{ мм};$$

Після цього визначаємо значення діаметрів западин:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m; \quad (3.17)$$

$$d_{f1} = 64 - 2,5 \cdot 4 = 54 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = 152 - 2,5 \cdot 4 = 142 \text{ мм};$$

Для визначення ширини колеса скористаємось виразом:

$$b = \psi_a \cdot a_w; \quad (3.18)$$

$$b = 0,17 \cdot 108 = 18 \text{ мм};$$

Далі визначаємо торцевий ступінь перекриття:

$$\varepsilon_{\alpha} = [1,8 - 3,2(\frac{1}{z_6} + \frac{1}{z_7})] \cdot \cos \beta \quad (3.19)$$

$$\varepsilon_{\alpha} = [1,8 - 3,2(\frac{1}{16} + \frac{1}{38})] \cdot \cos 0 = 1.54$$

Знайдемо значення колової швидкості:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} \quad (4.18)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 64 \cdot 738}{60 \cdot 10^3} = 2,47 \text{ м/с}$$

На основі проведених розрахунків приймаємо ступінь точності колеса, рівним 7, а в якості матеріалу, приймаємо Сталь 20Х.

3.2.7 Силевий розрахунок валів та коліс

Згідно існуючої методики слід провести перевірочні розрахунки як по контактній міцності, так і по міцності на згин. Для цього слід розрахувати відповідні коефіцієнти навантаження [8]:

$$K_H = K_{HV} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \quad (3.18)$$

$$K_F = K_{FV} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta}$$

де, K_{HV} , K_{FV} – коефіцієнти, що враховують внутрішнє динамічне навантаження;
 $K_{HV} = 1.12$; $K_{FV} = 1.12$.

$K_{H\alpha}$ та $K_{F\alpha}$ – коефіцієнти, що враховують розподіл навантаження між парами зубів; $K_{H\alpha} = 1$; $K_{F\alpha} = 1$.

$K_{H\beta}$ та $K_{F\beta}$ - коефіцієнти, що враховують концентрації навантаження.

$$K_{H\beta} = 1.03; K_{F\beta} = (0.8 \cdots 0.85) \cdot K_{H\beta} = 0.85$$

Після відповідної підстановки отримаємо:

$$K_H = 1.12 \cdot 1 \cdot 1.03 = 1.15$$

$$K_F = 1.12 \cdot 1 \cdot 0.85 = 0.95$$

Проведемо перевірку за контактними напругами, для цього скористаємось виразом:

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_H \cdot \sqrt{\frac{k_H \cdot F_t \cdot (U + 1)}{d_1 \cdot b \cdot U}} \leq [\sigma]_H \quad (3.19)$$

де, Z_H - коефіцієнт форми поверхонь, що сполучаються; $Z_H = 2.5$;

Z_E - коефіцієнт матеріалу; $Z_E = 190$ (для сталі);

Z_ε - коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = 0.87$$

F_t – колове зусилля, його величину можна визначити з виразу:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{d_1} = \frac{2 \cdot 71,7 \cdot 10^3}{64} = 2240 \text{ Н} \quad (3.20)$$

$$\sigma_H = 190 \cdot 0,87 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{1,15 \cdot 2240 \cdot (1,22 + 1)}{64 \cdot 18 \cdot 1,22}} = 833,6 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{klim} \cdot Z_R \cdot Z_V}{S_H} \quad (3.21)$$

де, $[\sigma]_H$ - допустиме значення величини контактних напружень.

Z_R – значення коефіцієнту, що враховує шорсткість; $Z_R = 1$;

Z_V – значення коефіцієнту, що враховує колову швидкість $Z_V = 1$.

S_H – значення коефіцієнту, що враховує запас міцності; $S_H = 1.3$;

σ_{klim} - границя витривалості при базовому числі циклів;

$$\sigma_{klim} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 532 + 70 = 1134 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_H = \frac{1134 \cdot 1 \cdot 1}{1.3} = 872 \text{ МПа}$$

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$\Delta\sigma_H = \frac{[\sigma]_H - \sigma_H}{[\sigma]_H} \cdot 100 = \frac{872 - 833,6}{872} 100 = 4,5\%$$

Проведемо перевірку за напругами втоми на згин, для цього використаємо вираз:

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{Flim}}{S_F} \cdot Y_R \cdot Y_X \cdot Y_\delta \cdot Y_A \cdot Y_N \quad (3.22)$$

де, Y_R – значення коефіцієнту, що дозволяє врахувати шорсткість перехідної кривої при зубофрезеруванні та шліфуванні; $Y_R = 1$;

Y_X – значення коефіцієнту, що дозволяє врахувати масштабний фактор при поверхневому загартовуванні; $Y_X = 1$;

Y_δ – значення коефіцієнту, що дозволяє врахувати чутливість матеріалу до концентрації напруги; $Y_\delta = 1.03$;

Y_A – значення коефіцієнту, що дозволяє врахувати реверсивність навантаження при нереверсивній роботі; $Y_A = 0.75$;

Y_N – значення коефіцієнту довговічності. Його розраховують окремо для шестерні та колеса, $Y_{Nш} = Y_{Nк} = 1$

S_F – значення коефіцієнту запасу міцності; $S_F = 2.2$;

σ_{Flim} – границя витривалості зуба.

$$\sigma_{Flim} = 1.75 \cdot HB = 1.75 \cdot 532 = 930 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_F = \frac{930}{2.2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.03 \cdot 0.75 \cdot 1 = 326,5 \text{ МПа}$$

Для визначення робочих напружень згину скористаємось виразом:

$$\sigma_F = \frac{k_F \cdot F_t \cdot Y_{FS}}{b \cdot m} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \leq [\sigma]_F \quad (3.23)$$

де, Y_{FS} – коефіцієнт, що дозволяє врахувати форму зуба;

$$Y_{FS} = 3,47 + \frac{13,2}{Z_v} - \frac{27,9}{Z_v} \cdot X + 0,092 \cdot X^2 \quad (3.24)$$

де, X – коефіцієнт, що дозволяє врахувати зміщення інструменту;

Z_v – значення еквівалентного числа зубів.

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta}; Z_{v1} = 16; Z_{v2} = 38$$

Y_ε - коефіцієнт, що дозволяє врахувати перекриття зубів у зачепленні, $Y_\varepsilon = 1$;

Y_β – коефіцієнт, що дозволяє врахувати кут нахилу зуба,

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \cdot \frac{\beta}{120^\circ} = 1$$

$$Y_{FS} = 3,47 + \frac{13,2}{16} = 4,3$$

$$\sigma_F = \frac{0,95 \cdot 2240 \cdot 4,3}{18 \cdot 4} \cdot 1 \cdot 1 = 127 \text{ МПа} < [\sigma]_F$$

Всі інші передачі будуть розраховані аналогічно.

Проведемо розрахунок III валу редуктора, для цього на рис. 3.9 приведемо його схематичне зображення та покажемо сили що діють в зачепленні. Після цього визначимо реакції в опорах та побудуємо епюри моментів.

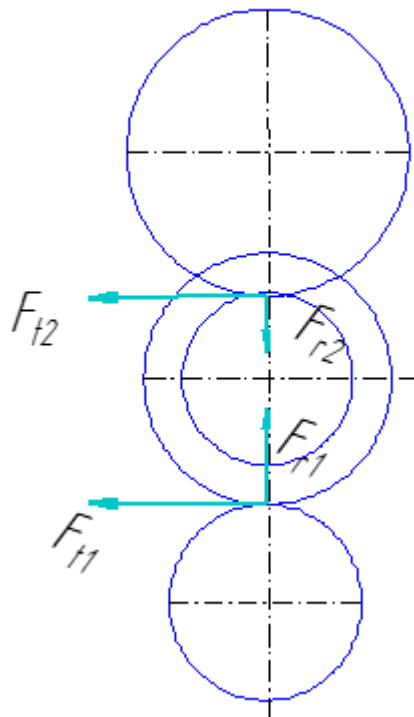


Рис. 3.9. Схематичне зображення кіл в зачепленні

Спочатку слід визначити радіальні й колові сили, що діють на вал, для цього скористаємось виразами:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_{II}}{d_7}; F_{t2} = \frac{2 \cdot T_{III}}{d_{12}}; \quad (3.25)$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta}; F_r = F_{t2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta}; \quad (3.26)$$

$$T_{II} = 162 \text{ Н} \cdot \text{м}; T_{III} = 377 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$d_6 = 64 \text{ мм}$ - дільний діаметр 6-го колеса;

$d_7 = 152 \text{ мм}$ - дільний діаметр 7-го колеса;

$\beta = 0^\circ$ - значення кута нахилу зуба;

$\alpha_w = 20^\circ$ - прийняте значення кута зачеплення.

$$F_{t1} = 4312 \text{ Н}; F_{t2} = 4226 \text{ Н};$$

$$F_{r1} = 1569 \text{ Н}; F_{r2} = 1538 \text{ Н};$$

На наступному етапі розрахунків слід визначити реакції в опорах в горизонтальній та вертикальній площині.

Проведемо розрахунок в горизонтальній площині.

Визначаємо результуючі сили, що діють на вал:

$$F_1 = F_{t2} \cdot \sin \alpha - F_{r2} \cdot \cos \beta = 1538 \text{ Н};$$

$$F_2 = F_{r1} \cdot \cos \alpha + F_{t1} \cdot \sin \alpha = 1569 \text{ Н}.$$

Після цього записуємо рівняння моментів щодо кожної опори, та визначаємо реакції:

$$R_{ax} = 254 \text{ Н}; R_{bx} = 394 \text{ Н}.$$

Проведемо розрахунок в вертикальній площині:

Визначаємо результуючі сили, що діють на вал:

$$F_1 = F_{r2} \cdot \sin \beta - F_{t2} \cdot \cos \beta = 4226 \text{ Н};$$

$$F_2 = F_{r1} \cdot \sin \alpha + F_{t1} \cdot \cos \alpha = 4312 \text{ Н}.$$

Після цього записуємо рівняння моментів щодо кожної опори, та визначаємо реакції:

$$R_{ay} = 996 \text{ Н}; R_{by} = 1082 \text{ Н}.$$

На наступному кроці будемо епюри згинаючих і крутних моментів [5], їх приведено на рис. 3.10.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

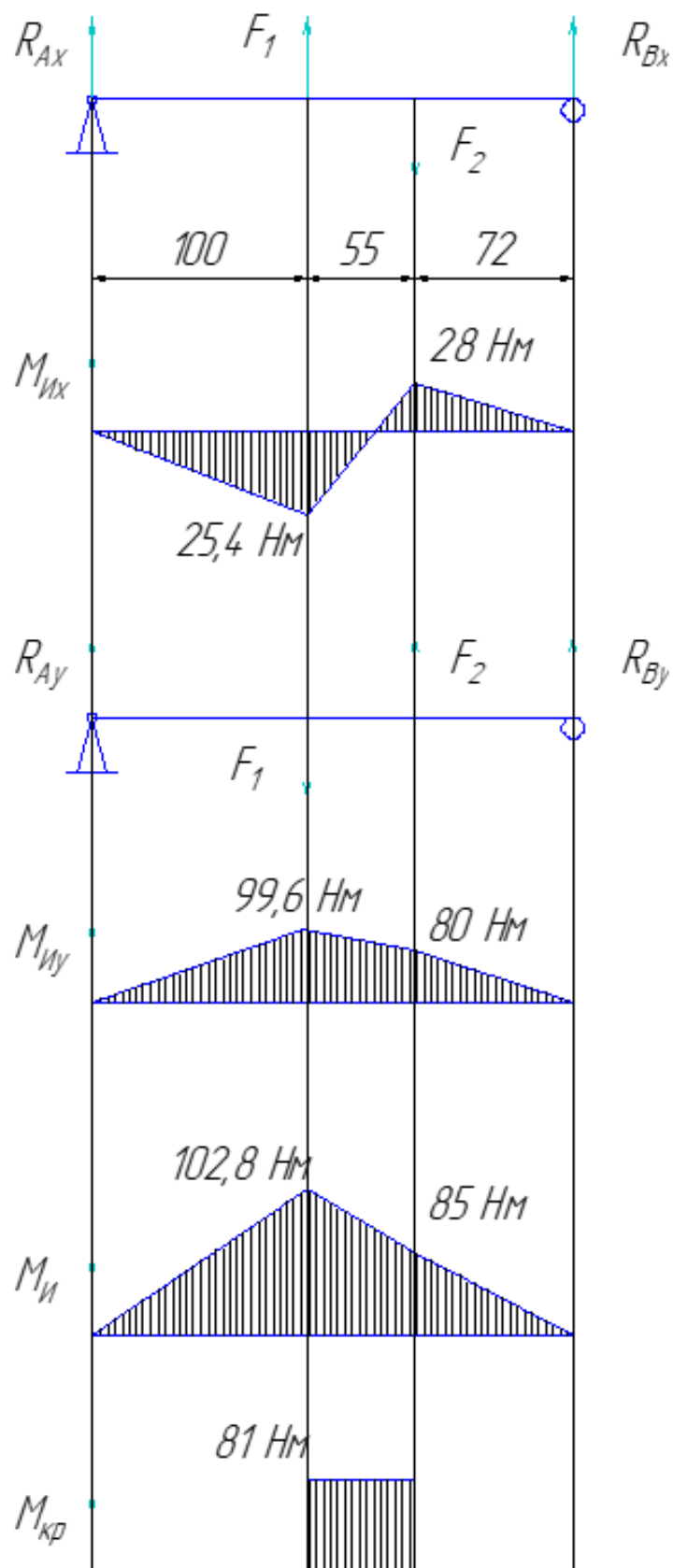


Рис. 3.10. Епюри згинних і крутних моментів

Перевірка валу проводиться по найбільш навантаженому сеченні по величині фактичної напруги.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\sigma = \frac{\sqrt{(a \cdot M_{зг})^2 + (b \cdot M_{кр})^2}}{W} \leq [\sigma] \quad (3.27)$$

При цьому значення коефіцієнтів a та b визначаються за виразами:

$$a = K_{\sigma} \cdot (1 + c) \quad (3.28)$$

$$b = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_T} + K_{\tau} \cdot c \quad (3.29)$$

де $K_{\sigma}=K_{\tau} = 2$ – значення коефіцієнту динамічної концентрації;

$c = 0.2$ – значення коефіцієнту динамічного навантаження для фрезерних верстатів;

σ_{-1} - границя витривалості, МПа;

σ_T - границя текучості, МПа.

Для валу, в якості матеріалу обираємо Сталь марки 40Х, для якої:

$\sigma_{-1} = 450$ МПа; $\sigma_T = 800$ МПа.

Тоді

$$a = 2 \cdot (1 + 0.2) = 2.4$$

$$b = \frac{450}{800} + 2 \cdot 0.2 = 0.96$$

Згідно табличних даних [9] для шліцевого валу, який має наступні характеристики: $d = 35$ мм; $D = 40$ мм; $z = 8$ значення моменту опору буде відповідно становити $W = 12500$ мм³.

$$\sigma = \frac{\sqrt{(2.4 \cdot 102.8)^2 + (0.96 \cdot 81)^2}}{12500 \cdot 10^{-9}} = 20,7 \cdot 10^6 (\text{Па}) = 20,7 \text{ МПа}$$

Тоді значення допустимої напруги може бути визначене з виразу:

$$[\sigma] = \frac{(0.45 \dots 0.5) \cdot \sigma_{\text{пр}}}{(1.7 \dots 2.5)} \quad (3.30)$$

де $\sigma_{\text{пр}}$ - границя міцності, Мпа.

Для обраного матеріалу, а саме Сталі марки 40Х $\sigma_{\text{пр}} = 1000$ МПа. Після підстановки отримаємо:

$$[\sigma] = 180 \text{ МПа}, \sigma = [\sigma]$$

Отже даний вал задовольняє всім вимогам. Інші вали розраховуються аналогічно.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

3.2.8 Розрахунок підшипників

Для валу III здійснимо підбір підшипників та проведемо їх розрахунок. При цьому обираємо радіальний однорядний шарикопідшипник середньої серії 308, його технічні характеристики приведені на рис. 3.11 [22].

Маркування за ГОСТом	підшипник 308
Міжнародне позначення	підшипник 6308
Конструктивне виконання	відкритий (без захисних шайб)
Внутрішній діаметр d, мм	40
Зовнішній діаметр D, мм	90
Ширина B, мм	23
Матеріал виробу	сталь
Матеріал сепаратора	сталь
Форма тіла кочення	кулька
Статична вантажопідйомність C_0 , Н	22400
Динамічна вантажопідйомність C , Н	41000
Номінальна частота обертання при рідкому мастилі, об/хв	9000
Номінальна частота обертання при пластичному мастилі, об/хв.	7500
вага, кг	0,635
Аналог закритий	80308 (6308 ZZ), 180308 (6308 2RS)
Аналог напівзакритий	60308 (6308 Z), 160308 (6308 RS)
З канавкою під стопор	50308 (6308 N)
Матеріал захисної шайби	RS або 2RS - гума; Z або ZZ - сталь

Рис. 3.11. технічні характеристики підшипника 308

Перевіримо правильність вибору підшипників. Для цього розрахуємо довговічність найбільш навантаженого підшипника.

Згідно попередньо проведеного розрахунку

$$R_{ay} = 996 \text{ Н}; R_{by} = 1082 \text{ Н}.$$

Тоді величина радіального навантаження, що діє на підшипник буде рівною:

$$F_r = \sqrt{996^2 + 1082^2} = 1470.6 \text{ Н}$$

Визначаємо величину еквівалентного динамічного навантаження, для цього скористаємось виразом:

$$P = V \cdot F_r \cdot k_\sigma \cdot k_\tau \quad (3.31)$$

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

де, P - еквівалентне динамічне навантаження;

V - коефіцієнт обертання кільця; $V = 1$;

k_σ - коефіцієнт безпеки; $k_\sigma = 1.1$;

k_τ - температурний коефіцієнт; $k_\tau = 1$.

$$P = 1 \cdot 1470.6 \cdot 1.1 \cdot 1 = 1617.7 \text{ Н}$$

Далі слід провести розрахунок довговічності підшипника, для цього скористаємось виразом:

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (3.32)$$

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot 400} \cdot \left(\frac{41000}{1617.7} \right)^3 = 3.2 \times 10^6 \text{ (годин)}$$

Отже підшипник відповідає всім вимогам.

Розрахунки для інших підшипників проводяться аналогічно.

3.3 Конструювання верстатного пристосування

Розробку верстатного пристосування здійснюємо виходячи із розмірів робочої зон верстату та теоретичної схеми базування деталі. Оскільки партія обробки деталі не є великою, то приймаємо однопозиційне пристосування.

На рис. 3.12 приведено розрахункову схему верстатного пристосування.

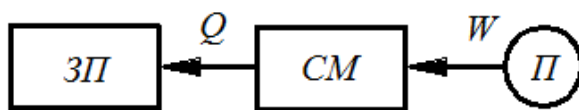


Рис. 3.12. Схема верстатного пристосування: Q – необхідна сила затиску;

W – вихідна сила, що розвивається приводом; $СМ$ – силовий механізм пристосування (важіль, клин і т. ін.); $П$ – привід; $ЗП$ – затискний пристрій;

Деталь буде базуватися по торцю на установочні пальці по зовнішній циліндричній поверхні на призми. При такій схемі базування похибка базування ϵ_6 дорівнює нулю.

Пропонована схема пристосування, яке може застосовуватися при фрезеруванні бічних граней приведене на рис. 3.13.

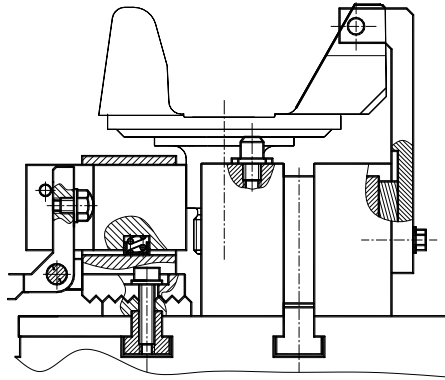


Рис. 3.13. Ескіз пристосування для операції 025

Базування здійснюється завдяки призмі, а затиск виконується затискним елементом. Схему сил, що діють на заготовку зображено на рис. 3.14.

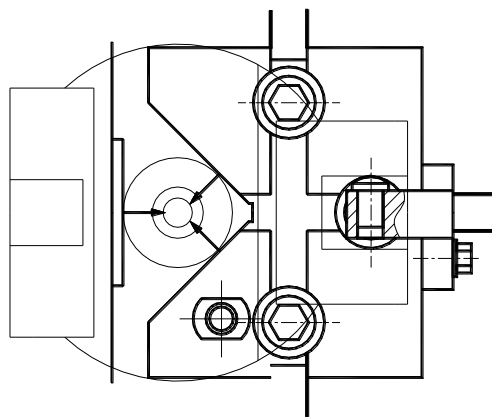


Рис. 3.14. Схема сил, які виникають в пристосуванні

Здійснимо розрахунок необхідної сили затиску. Для цього необхідно визначити сили різання та крутні моменти, що діють на заготовку. Оскільки для розрахунку використовується стандартизована методика, то його приведено в Додатку В.

Для затиску деталі на верстаті використовується гідропневмоперетворювач, його загальний вигляд приведено в графічній частині кваліфікаційної роботи.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 ВПЛИВ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЛЮДИНУ

Мастильно-охолоджуючі рідини виконують дві важливі функції мащення та охолодження, їх використання є необхідними на машинобудівних підприємствах. В основному такі рідини застосовуються в металообробці для зниження температури в зоні різання металів. Основна сфера застосування – токарна та фрезерна обробка. В залежності від виду робіт, використовують певні склади мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) [10].

До складу МОР входять нафтові олії та водні емульсії, а це означає, що при неналежній експлуатації, порушеннях правил зберігання та утилізації виникають ризики, пов'язані з погіршенням здоров'я людини та екології.

За ступенем небезпеки МОР поділяються на чотири класи: надзвичайно, високо, помірно та мало небезпечні. Відповідні номери класів: I, II, III, IV.

Під час виконання операцій із застосуванням МОР, використовувана емульсія під дією високих температур зазнає хімічних змін. Так само склад рідини змінюється при потраплянні до неї частинок металевого пилу, абразивних речовин, сторонніх олій та інших домішок. Крім погіршення складу такі зміни збільшують екологічну небезпеку МОР у порівнянні з невідпрацьованою рідиною. За попередніми підрахунками, небезпека зростає у 15-30 разів.

Вплив мастильно-охолодних рідин на здоров'я людини.

МОР можуть нанести шкоду здоров'ю працівникам які безпосередньо працюють з ними. Переважно це може відбуватися при порушенні вимог охорони праці та інструкцій з експлуатації МОР.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Штик Б.І.			БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Окіпний І.Б.					58	8
Реценз.						ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВ-41, м.Тернопіль		
Н. Кантр.		Кодельник В. Р.						
Затверд.		Крцпа В.В.						

В процесі роботи пари емульсії з легкістю потрапляють в дихальні шляхи, якщо людина не забезпечена належним чином індивідуальними засобами захисту. У разі витоку або розбризкування рідина може потрапити на шкіру і викликати ряд серйозних захворювань. Найчастіше серед них зустрічаються:

- масляні вугри (фолікули) – професійне захворювання у місцях потрапляння МОР на шкіру;
- сухість шкіри, її лущення та розтріскування можуть призвести до хронічних захворювань – дерматозів;
- дерматит неалергічний – супроводжується почервонінням взаємодіючих з мастильно-охолоджувальною рідиною ділянок шкіри, печінням, свербінням та утворенням шкірних пухирів;
- алергічні реакції - виникають як при попаданні токсичних частинок у дихальні шляхи (супроводжується свербінням та сильним кашлем), як і при контакті зі шкірою людини.

Алергія на МОР часто стає причиною професійних захворювань. Непомітні шкірні подразнення можуть перерости в серйозніші хвороби: в хронічний дерматит, екзему, астму. Тому, при перших ознаках ураження шкірних покривів або утрудненості дихання, необхідно звернутися до лікаря та розпочати лікування на ранніх стадіях хвороби. Якщо в процесі подальшої роботи з МОР лікування виявиться малоефективним, то неодмінно потрібно подумати про зміну місця роботи.

Алергічні реакції шкіри лікують призначенням кремів, які мають загоювальний та зволожуючі ефекти.

При алергічних реакціях дихальних шляхів застосовують спеціалізовані антигістамінні засоби, проводять інгаляцію та інші процедури, спрямовані на підвищення імунітету.

МОР, в основі яких є нафтопродукти, несуть для людини велику небезпеку. Випаровування шкідливих речовин викликає сильне отруєння, сприяє появі злоякісних утворень та розвитку раку.

При суворому контролі за застосуванням правил з охорони праці та промислової безпеки, при належній експлуатації МОР та неухильному

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

дотриманні всіх інструкцій відчутно знижується рівень професійних захворювань працівників підприємства.

Для мінімізації небезпечних факторів, пов'язаних з експлуатацією МОР, працівникам підприємств необхідно:

- уважно ставитися до чистоти робочого місця та спецодягу;
- неприпустимо мити руки в емульсії, обов'язково застосовувати лише спеціалізовані засоби та витирати руки паперовими рушниками;
- використовувати респіратор та захисні засоби обличчя та очей;
- при витоку МОР негайно засипати ділянки піском.

Вплив мастильно-охолоджуючих рідин на довкілля.

У процесі роботи механізмів та верстатів, емульсія в процесі випаровування потрапляє в атмосферу, потрапляючи назовні через щілини, двері та вікна [24].

Особливу небезпеку мають відпрацьовані МОР. Неправильне їх зберігання та утилізація можуть призвести до витоків. Потрапляючи в ґрунт, МОР просочуються в землю і змішуються з підземними водами, тим самим забруднюючи водоймища токсичними речовинами.

Олійні МОР несуть особливу небезпеку для природи. Маючи у складі нафтопродукти, при попаданні на землю, вони отруюють ґрунт, подальше життя на якому стає неможливим. Накопичені токсини в ґрунті вбираються рослинами, які є кормовою базою для травоядних тварин. В результаті, можлива поява різних патологій у природі. Вживання тварин і рослин, отруєних токсинами для людини неприпустимо.

Таким чином МОР несуть у собі небезпеку для людини як пряму (безпосередній контакт з парами і самою рідиною), так і непряму (через вживання рослинних продуктів, тварин і води, отруєних канцерогенами від витоку відпрацьованих МОР).

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

4.2 МЕДИЧНИЙ ОГЛЯД ПРАЦІВНИКІВ ПЕВНИХ КАТЕГОРІЙ

В Україні суттєво загострилась проблема професійної захворюваності. За даними Держкомстату, майже кожен четвертий робітник працює в умовах, що не відповідають санітарним нормам за параметрами шкідливих та небезпечних виробничих факторів [6].

Найнебезпечнішими є умови праці у вугільній, металургійній, машинобудівній, нафтодобувній, хімічній, нафтохімічній галузях та у сільському господарстві. Найвищий рівень професійної захворюваності у вугільній (до 80% усіх потерпілих) та металургійній промисловості (до 12%), що пов'язано із комплексом несприятливих виробничих факторів — пил, шум, вібрація тощо.

Основними чинниками, що сприяють розвитку професійної патології, є:

- недосконалість та несправність засобів колективного захисту;
- порушення правил охорони праці;
- відсутність, неефективність, несправність і незастосування засобів індивідуального захисту;
- недосконалість технологій, машин, механізмів.

З метою зниження рівня професійної захворюваності, збереження здоров'я працюючих ст. 17 Закону «Про охорону праці» та ст. 26 Закону «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» передбачено обов'язкове проведення попереднього та періодичних медичних оглядів працюючих [20].

У ст. 17 Закону «Про охорону праці» зазначено, що роботодавець зобов'язаний за свої кошти забезпечити фінансування та організувати проведення попереднього (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

За результатами періодичних медичних оглядів у разі потреби роботодавець повинен забезпечити проведення оздоровчих заходів. Медичні огляди проводять відповідні заклади охорони здоров'я, працівники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я працівника.

Порядок проведення медичних оглядів визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я. Роботодавець має право в установленому законом порядку притягнути працівника, який ухиляється від проходження обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок позачерговий медичний огляд працівників:

- за заявою працівника, якщо він вважає, що погіршення стану його здоров'я пов'язане з умовами праці;
- за своєю ініціативою, якщо стан здоров'я працівника не дозволяє йому виконувати свої трудові обов'язки.

На час проходження медичного огляду за працівниками зберігаються місце роботи (посада) і середній заробіток. Медичний огляд — це огляд працівників спеціальною комісією лікарів з обов'язковими лабораторними, клінічними і функціональними дослідженнями з метою визначення можливості допуску до конкретної роботи (професії) за станом здоров'я, а також патологічних станів, що розвинулися протягом трудової діяльності і перешкоджають продовженню роботи за певним фахом.

Попередній медичний огляд — це огляд, який проводиться при прийнятті (або переведенні) на роботу, де є вплив шкідливих речовин та несприятливих виробничих факторів, для визначення початкового стану здоров'я претендента та його відповідності конкретно обраній професії, всебічне та поглиблене обстеження стану здоров'я особи, яка приймається на роботу, для визначення можливості використання її праці в окремих виробництвах, а також на роботах з важкими, шкідливими та небезпечними умовами праці.

					<i>КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Мета періодичних медичних оглядів — цілеспрямоване планове спостереження за станом здоров'я працюючих і виявлення перших ознак професійних захворювань, а також своєчасне виявлення симптомів загальних захворювань, що потребують амбулаторного або стаціонарного лікування.

Міністерство охорони здоров'я України видало наказ від 31 березня 1994 р. № 45 «Про затвердження Положення про порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій», який регламентує проведення попередніх і періодичних медичних оглядів працівників.

Роботодавець укладає договір з лікувально-профілактичним закладом і за рахунок коштів підприємства організує проведення медичних оглядів. Періодичні медичні огляди можуть проводитись у період перебування працівника в стаціонарі або у тих випадках, коли він звернувся по медичну допомогу.

Результати проведення обстеження передаються лікувально-профілактичному закладу, який обслуговує підприємство. Лікувально-профілактичний заклад (медико-санітарна частина, поліклініка, лікарня) за наявності списку робітників, які підлягають медичним оглядам, складає календарний план цієї роботи і видає наказ про створення комісії для проведення медоглядів з визначенням часу, місця проведення, переліку лікарів-спеціалістів, клінічних та інших досліджень.

Роботодавець видає наказ щодо проведення медичних оглядів, забезпечує і несе відповідальність за своєчасну і організовану явку працівників на них.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

4.3 ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ

Одним із напрямів державної політики у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру є підготовка та реалізація заходів, спрямованих на попередження НС (запобігання і зменшення їх масштабів). Ці заходи переважно проводяться у превентивному порядку [18].

У комплексі заходів щодо попередження НС важливе місце займають зусилля по зниженню ймовірності переростання небезпечних явищ в надзвичайні ситуації. Серед них особливе місце відводиться інженерному захисту територій, який за своїм визначенням характеризується як комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, забезпечення захисту територій, населених пунктів та суб'єктів господарювання від їх наслідків та небезпеки, що може виникнути під час воєнних (бойових) дій або внаслідок таких дій, а також створення умов для забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання і територій в особливий період. Важлива роль при цьому відводиться підвищенню стійкості функціонування об'єктів економіки країни.

Під стійкістю функціонування об'єкта економіки розуміється його здатність виконувати свої функції і зберігати основні параметри в межах встановлених норм при всіх видах зовнішніх та внутрішніх впливів у НС різного характеру. Необхідна ступінь стійкості об'єкта, що відповідає впливу на нього прогнозованих у даному регіоні НС, закладається ще у процесі його проектування.

Інженерний захист здійснюється в зонах можливих руйнівних землетрусів, затоплень і підтоплень, зсувів, обвалів, карсту, селевих потоків, снігових лавин. Він проводиться з метою зниження ризику переростання небезпечних подій в НС і полягає у зведенні інженерно-технічних споруд для захисту від вражаючих факторів, викликаних характерними для даної території небезпечними

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

природними і техногенними явищами, тобто створення фізичних бар'єрів, що знижують рівні негативних (вражаючих) факторів небезпечних явищ.

В Україні до заходів з інженерного захисту територій відноситься [17]:

- проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними;
- віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту та віднесення суб'єктів господарювання до відповідних категорій цивільного захисту;
- розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної і проектної документації та реалізація їх під час будівництва та експлуатації;
- урахування можливих проявів небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів та негативних наслідків аварій під час розроблення генеральних планів населених пунктів і ведення містобудування;
- розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах;
- розроблення і здійснення заходів щодо безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;
- будівництво споруд, будівель, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;
- будівництво протизсувних, протиповіневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення, їх утримання у функціональному стані;
- обстеження будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій, розроблення та здійснення заходів щодо їх безпечної експлуатації.

ВИСНОВКИ

На основі виданого завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра проведені конструкторсько-технологічні розрахунки, які дозволяють здійснити верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Піввісь ПТК2211.420».

В аналітичному розділі здійснено аналіз завдання на кваліфікаційну роботу, а саме визначено основне призначення деталі, а також розроблено її тривимірну модель. Визначено, що дана деталь відноситься до класу некруглих стрижнів. В якості матеріалу для заготовки деталі «Піввісь ПТК2211.420» прийнято Сталь 45, а сама заготовка отримується штампуванням на кривошипних гаряче-штампувальних пресах у нероз'ємних матрицях.

Також в роботі здійснено аналіз формоутворюючих рухів, які повинно забезпечити різноманітне обладнання при обробці деталі «Піввісь ПТК2211.420». Обробка деталі передбачає використання кінцевого інструменту, зенкеру, різенарізних різців, а також циліндричної та торцевої фрез. Обробка деяких поверхонь передбачає використання токарних різців.

В роботі проведено огляд літератури, в якому здійснено аналіз праць провідних вітчизняних та зарубіжних авторів стосовно технології обробки, використання різноманітного різального інструменту, а також методології проведення конструкторських робіт.

В технологічному розділі для деталі «Піввісь ПТК2211.420» розроблено новий ТП, який передбачає використання високопродуктивних верстатів з ЧПК. В якості базового прийнято верстат з ЧПК моделі ГФ2171С5. Здійснено основні технологічні розрахунки для чорнового та чистового фрезерування однієї із поверхонь деталі, з використанням аналітичних та табличних методів призначено режими різання. Проведено вибір різального та вимірювального інструментів.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Штик Б. І.			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.								66	2
Реценз.								ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВ-41, м.Тернопіль			
Н. Контр.		Кодельник В. Р.									
Затверд.		Крцпа В.В.									

В конструкторській частині роботи здійснено вибір та обґрунтовано структурно-кінематичну схему верстату. Проведено розрахунок приводу верстату, в результаті якого здійснено підбір електродвигуна, розраховані значення частот та подач, які повинен забезпечити привід. На основі розрахованих значень передаточних відношень побудовано графік частот обертання приводу верстату. Також розраховано крутні моменти та швидкості на всіх валах проекрованої коробки швидкостей, визначено модуль передачі та конструктивні розміри коліс та валів, що входять в конструкцію, здійснено підбір підшипників.

На основі проведених розрахунків розроблено конструкцію приводу головного руху для базового верстату.

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи знайшли висвітлення питання, що стосуються охорони праці та безпеки життєдіяльності. Зокрема розглянуто вплив мастильно-охолоджуючих рідин на працівника та довкілля, розглянуто особливості проведення медичного огляду для працівників певних категорій. Також висвітлено питання інженерного захисту територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бочков В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко. – Львів, 2008. – 448 с
2. Войтенко В. Формалізований синтез структури технологічних процесів механічного оброблення деталей машинобудування. Матеріали XIX міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», Київ. - 2018. – С. 153-156. Режим доступу до ресурсу: http://vetl.kpi.ua/public/conferences/29/2018/Tezis_2018_t1_s_4_6.pdf#page=18
3. Гулієва Н. М. 3-D моделювання механічної обробки деталі. / Наукові нотатки / №57.- 2017.- С. 66-69.
4. Дегтярьов І. М. Технологія виготовлення автомобільних деталей складної форми / В. О. Іванов, В. Є. Карпусь, І. М. Дегтярьов, В. Р. Богдан // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків. : Національна академія Національної гвардії України, 2015. – №. 1 (25). – С. 85–90.
5. Довбуш Т. А. Опір матеріалів: навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи /Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 220 с.
6. Довідник підприємця. Довідник підприємця. Усі подробиці про медичні огляди працівників: для кого, де і з якою періодичністю [Електронний ресурс] // Власне діло, серпень 2010, №16 – Режим доступу до ресурсу: <https://i.factor.ua/ukr/journals/sb/2010/august/issue-16/article-94960.html>.
7. ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови [Електронний ресурс] // Київ УкрНДЦІ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf>.

					<i>КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</i>		
Розроб.		Штик Б.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кабельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.			Лит. Арк. Аркушів 68 5 ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль		

8. Дубиняк С.А., Нагорняк С.Г., Дубецький І.Д. Розрахунок передач, валів, муфт і тягових пристроїв металорізальних верстатів. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ для студентів спеціальності 0501 – Тернопіль. – 1981. – 62 с.

9. Дубиняк С.А., Нагорняк С.Г., Дубецький І.Д. Основи кінематичного розрахунку металорізальних верстатів. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ для студентів спеціальності 0501 – Тернопіль. – 1980. – 85 с.

10. Екологічні аспекти застосування мастильно-охолодних рідин : навч. посібник для самостійної роботи з курсу "Основи пром. екології" / В. В. Березуцький ; Ін-т змісту і методів навчання, Харк. політехн. ун-т. Київ : 1996. 162 с.

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

12. Ковальов В. Д. Комплексний підхід до організації проектних робіт при створенні сучасних мехатронних верстатів. В. Д. Ковальов, М. С. Мельник, Я. В. Васильченко, В. М. Нестеренко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, №1.- 2018.- С. 133-139. Режим доступу до ресурсу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/vddma_2018_1_26.pdf

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

14. Кривий П. Д. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, Н. М. Тимошенко // Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць, Львів-Плай. – Львів, 2020. – С. 103–105.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

15. Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлев // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 145–155.

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

17. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.

18. Кулешов М. М., Садковий В. П., Тютюник В. В. Державна система цивільного захисту: навч. посіб. / М. М. Кулешов, В. П. Садковий, В. В. Тютюник. Харків : НУЦЗУ, 2020. 232 с.

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

20. Мезенцева І. О., Любченко І. М., Мовмига Н. Є. Огляд професійних захворювань на підприємствах машинобудівного профілю / І. О. Мезенцева, І. М. Любченко, Н. Є. Мовмига // Матеріали ІХ-ї міжнародної науково-методичної конференції НТУ «ХП» «Безпека людини у сучасних умовах», Харків, 7-8 грудня 2017.

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

22. Підшипник 308 (6308) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://apskiev.com.ua/podshipnik-308-6308/>.

23. Попок Н. Н., Біляков Н. В. Програмно-інформаційне забезпечення синтезу технологічних процесів виготовлення нетипізованих деталей / Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки» № 51, - 2009.- С. 87-94.

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

24. Прогресивні способи знезараження та знешкодження МОР металорізальних верстатів : монографія / О. М. Коробочка [та ін.] ; Дніпродзержинський технічний ун-т. - Дніпродзержинськ : 1994. 159 с.

25. Райковська Г. О., Соловйов А. В., Мельник О. Л. Реалізація парадигми наскрізного моделювання засобами САПР. Науковий вісник Ужгородського університету, серія педагогіка, соціальна робота. 1 (42). 2018. С. 199-207.

26. Савіцький Д., Замостний В., Шанайда В. Особливості створення 3D моделей деталей в об'єктах галузевого машинобудування. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання : Матеріали V Міжнар. студент. науково-техн. конф., м. Тернопіль, 28 квіт. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 79–81.

27. Складання класифікаційних характеристик виробів за класифікатором ЄСКД [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізацією «Тепло- і парогенеруючі установки»; спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізаціями «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів», «Комп'ютерно-інтегровані технології приладів точної механіки», / уклад.: Т. М. Надкернична, О. О. Лебедєва. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 116 с.

28. Склярів Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34.

29. Склярів Р. А., Шанайда В. В. Використання багатофункціонального пакету Mathcad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (5 – 6 грудня 2012 р.). У 2Т. – Тернопіль: ТНТУ, 2012 – Т.2 Матеріалознавство та машинобудування. – 143 с., - С. 69.

30. Степчин Я. А. Аналіз та вдосконалення алгоритмів модульного принципу створення металорізальних верстатів з ЧПК. Я. А. Степчин, В. В. Отаманський //

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Технічна інженерія, №1 (85), - 2020 С. 23-29. Режим доступу до ресурсу:
<http://ten.ztu.edu.ua/article/view/206084/206413>

31. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» / Ю. М. Малафєєв; КПП ім. Ігоря Сікорського. - Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 201 с.

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

33. Четвержук Т. І., Полінкевич Р.М., Редько Р. Г., Склярів Р.А. Системний підхід як основа автоматизації проектування та модернізації токарного верстатного обладнання. Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М. – 2021. – 436с. - С. 157-159 ISBN 978-617-7926-12-1

34. Шанайда В. В., Кривий П. Д., Кобельник В. Р. Проектування токарних різців. Методичний посібник до виконання практичної та курсової роботи, а також самостійної підготовки студентів з дисципліни «Проектування різальних інструментів» студентами денної та заочної форм навчання. Тернопіль : Вид-во ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 2020. 50 с.

35. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.

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

37. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. – Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Штик Б.І.						
Перевір.		Скляров Р.А.					73	8
Реценз.						ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВ-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В. Р.						
Затверд.		Крцпа В.В.						

Режими різання (табличний метод)

№ поверхні	Назва переходу	Режими різання			
		S, мм/об	S _м , мм/хв	V, м/хв	N, хв ⁻¹
1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	Точіння чорнове	0,25	231,62	160	926,46
	Точіння напівчисте	0,2	220,03	190	1100,2
	Точіння чистове	0,14	218,88	270	1563,4
	Точіння тонке	0,07	154,02	380	2200,3
11	Фрезерування попереднє	0,25	69,00	130	276,01
	Фрезерування остаточне	0,12	40,76	160	339,7
14	Фрезерування попереднє	0,25	69,00	130	276,01
	Фрезерування остаточне	0,12	40,76	160	339,7
18	Свердлування	0,17	47,77	15	281
	Зенкерування попереднє	0,5	93,67	10	187,34
	Зенкерування попереднє	0,75	84,30	6	112,4
	Зенкування	0,5	93,67	10	187,34
19	Свердлування	0,17	67,68	15	398,09
	Зенкерування попереднє	0,5	132,70	10	265,39
	Зенкерування попереднє	0,75	119,43	6	159,24
	Зенкування	0,5	132,70	10	265,39
4	Свердлування	0,12	52,11	15	434,28
17	Свердлування	0,12	114,65	15	955,41
12	Фрезерування однократне	0,2	63,69	100	318,47
15	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
13	Фрезерування однократне	0,2	47,77	75	238,85
3	Точіння однократне	0,2	103,99	160	519,95
6	Точіння однократне	0,2	89,40	160	446,98
8	Точіння однократне	0,2	185,29	160	926,46
5	Точіння однократне	0,2	424,63	160	2123,1
	Різенарізання	1,5	119,43	6	79,618
7	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
20	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
21	Точіння чорнове	0,25	163,32	160	653,27
	Точіння напівчисте	0,2	155,15	190	775,76
	Точіння чистове	0,14	154,34	270	1102,4
	Точіння тонке	0,07	108,61	380	1551,5



Рис. Б1. Загальний вигляд верстату 2254BMФ4

Розміри робочої поверхні столу мм 500 x 630
 Конус шпинделя з конусністю 7:24 N50 AT5
 Максимальні координатні переміщення по осях X, Y, Z мм 500
 Межі частот обертання шпинделя 1/хв 2 – 3150
 Регулювання швидкостей шпинделя – Безступеневе
 Межі поздовжніх, поперечних та вертикальних подач мм/хв 0,1 – 10000
 Ємність інструментального магазину шт 30
 Потужність двигуна приводу головного руху кВт 10
 Точність позиціонування (лінійного) мм 0,016
 Тип системи ЧПУ CNC
 Габарити верстата мм 4610 x 7000

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



Рис. Б2. Загальний вигляд верстату 16K20Ф3

Технічні характеристики

Параметри

Діаметр обробки над станиною, мм	500
Діаметр обробки над супортом, мм	200
Найбільша довжина обробки, 6-позиційна головка, мм	900
Найбільша довжина обробки, 8-позиційна головка, мм	750
Найбільша довжина обробки, 12-позиційна головка, мм	850
Найбільша довжина обробки в центрах, мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі, мм	55
Найбільший поперечний хід супорта, мм	210
Найбільший поздовжній хід супорта, мм	905
Максимальна рекомендована швидкість поздовжньої робочої подачі, мм	2000
Максимальна рекомендована швидкість поперечної робочої подачі, мм	1000
Кількість керованих координат, прим.	2
Кількість одночасно керованих координат, прим.	2
Дискретність завдання переміщення, мм	0,001
Межі частот обертання шпинделя, хв-1	20 - 2500
Швидкість швидких переміщень супорта - поперечного, мм/хв.	2 400
Максимальна швидкість швидких поздовжніх переміщень, мм/хв.	15000
Максимальна швидкість швидких поперечних переміщень, мм/хв.	7500
Кількість позицій інструментальної головки	8
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	П
Габаритні розміри верстата (ДхШхВ), мм	3700 × 2260 × 1650
Маса верстата, кг	4000



Рис. БЗ. Загальний вигляд верстату ГФ2171С5

Найменування параметра, розмірність	Значення
Розміри робочої поверхні столу, мм	400 x 1600
Найбільша маса деталі, що встановлюється на столі верстата (разом із пристроєм), кг	400
Найбільше переміщення столу, мм:	
поздовжнє (координата X) / поперечне (координата Y) / вертикальне (настановне)	1010 / 400 / 430
Переміщення повзуна (координата Z), мм	260
Швидкість швидкого переміщення вузлів за координатами:	
X, Y, Z, мм/хв	7000
Межі подач за координатами: X, Y, Z, мм/хв	3-7000
Частота обертання шпинделя фрезерного верстата по металу ГФ2171.С5 з ЧПУ, хв -1	50-2500
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Кількість інструментів у магазині, шт	12
Найбільший діаметр інструменту, мм	250
Конус шпинделя фрезерного верстата	50
Відхилення від круглості при контурному фрезеруванні циліндричної поверхні, мм	0,05
Максимальна маса інструменту, кг	15
Кількість одночасно керованих координат:	
при лінійній / круговій/ лінійно-круговій інтерполяції	3 / 2 / 3

Габаритні розміри верстата, мм	
довжина	3100
ширина	3135
висота	2850
Маса верстата ГФ2171, кг	5700
Клас точності	Н
Встановлена потужність, кВт	18

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

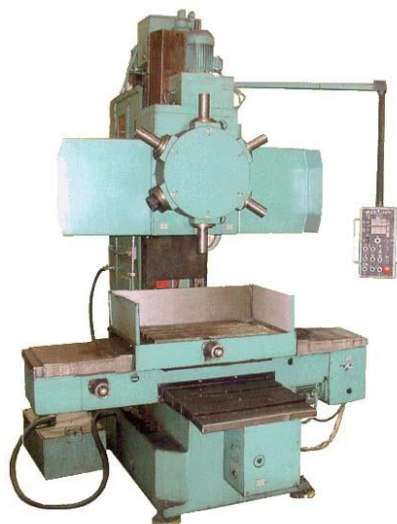


Рис. БЗ. Загальний вигляд верстату 2P135Ф2-1

Найменування параметру	2P135Ф2
Найбільший діаметр свердління сталі 45, мм	35
Найбільший діаметр різьби, що нарізається, в сталі 45, мм	M24
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні столу, мм	40..600
Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних стійки (виліт), мм	450
Найбільший діаметр фрези, мм	100
Найбільша глибина фрезерування, мм	2
Найбільша ширина фрезерування, мм	60
Поздовжнє переміщення столу по напрямних санчат (Вісь X), мм	630
Поперечне переміщення по напрямних станини за програмою (Вісь Y), мм	360
Найбільше переміщення шпиндельної бабки за програмою (вісь Z), мм	560
Супорт. Шпиндельна бабка. Шпіндель	
Частота обертання шпинделя, об/хв	45..2000 31..1400
Кількість швидкостей шпинделя	12
Швидкість швидкого переміщення супорта (шпиндельної бабки), м/хв.	4
Кількість подач супорту по осі Z, мм	18
Подачі супорта, мм	10..500
Найбільший допустимий момент, що крутить, Нм	200
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні столу, мм	400 x 710
Число Т-подібних пазів Розміри Т-подібних пазів	3
Швидкість швидкого переміщення столу та санок, м/хв	7
Швидкість подачі столу та санок при фрезеруванні, м/хв.	0,22
Мінімальна швидкість переміщення столу, м/хв	0,05
Точність позиціонування столу та санок на довжині ходу, мм	0,05

Система ЧПУ 2П32-3	
Число керованих координат	3
Число одночасно керованих координат	2
Дискретність завдання переміщення столу, санок і супорта, мм	0,01
Електроустаткування, привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	3,7
Електродвигун приводу переміщення шпиндельної бабки (супорта), кВт	1,3
Електродвигун приводу переміщення санок та столу, кВт	1,1
Електродвигун приводу обертання револьверної головки, кВт	0,75
Електронасос охолоджувальної рідини Х14-22М, кВт	0,125
Габарит верстата	
Габарити верстата, мм	1800 x 2170 x 2700
Маса верстата, кг	5390

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Проведемо розрахунок сили P_z для цього скористаємось наступним виразом:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (\text{В.1})$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_r, \quad (\text{В.2})$$

$$K_{Mp} = 1.0; K_{\phi p} = 1.0; K_{\lambda p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_r = 1;$$

$$C_p = 3000; x = 1.0; y = 0.755; n = -0.15.$$

Сила різання в цьому випадку складає:

$$P_z = 10 \cdot 3000 \cdot 1.02^{1.0} \cdot 0.2^{0.75} \cdot 136^0 \cdot 1.0 = 4788 \text{ Н}.$$

Тоді отримаємо наступне співвідношення сил різання:

$$\begin{aligned} P_x &= (0,50 \dots 0,55) \cdot P_z; \\ P_y &= (0,85 \dots 0,95) \cdot P_z; \\ P_h &= (0,30 \dots 0,40) \cdot P_z \end{aligned} \quad (\text{В.3})$$

Отже складові сили різання будуть наступні:

$$P_x = 0,50 \cdot 4788 = 2394 \text{ Н};$$

$$P_y = 0,9 \cdot 4788 = 4309 \text{ Н};$$

$$P_h = 0,3 \cdot 4788 = 1436 \text{ Н}$$

В найбільш небезпечному випадку вона утворює момент:

$$M_{\text{різ}} = 318 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{Коефіцієнти тертя } f_1 = 0.15; f_2 = 0.15;$$

$$\text{Коефіцієнт запасу } k = 3;$$

Тоді отримаємо:

$$\sum M_o = 0, \quad (\text{В.4})$$

$$k \cdot M_{\text{різ}} = (2F_{\text{тп}1} + 2F_{\text{тп}2}) \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2}, \quad (\text{В.5})$$

Сила затиску, необхідна для утримання заготовки в рівновазі:

					КРБ 20-044.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$\kappa \cdot M_{pi3} = (2N \cdot f1 + 2N \cdot f2) \cdot \frac{D_{заг}}{2}, \quad (B.6)$$

$$\kappa \cdot M_{pi3} = \left[2 \frac{Q}{2 \sin \alpha / 2} f1 + 2 \frac{Q}{2 \sin \alpha / 2} f2 \right] \cdot \frac{D_{заг}}{2}, \quad (B.7)$$

$$Q = 2\kappa \cdot \frac{M_{pi3} \cdot \sin \alpha / 2}{D(f1+f2)}, \quad (B.8)$$

$$Q = 2 \cdot 3 \cdot \frac{318 \cdot \sin 90^\circ / 2}{30 \cdot 0.15} = 2998 \text{ Н.}$$

Проведемо розрахунок сили W , що розвиває привод.

При цьому використовуємо важіль, схема якого приведена на рис. В.1;

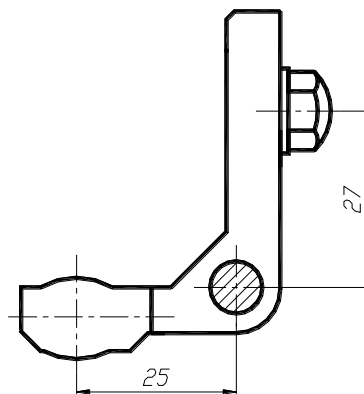


Рис. В.1. Конструктивна схема важеля з розмірами плечей

Розглянемо рівновагу важеля відносно осі Z. При цьому коефіцієнт підсилення важеля:

$$Q_1 = 25/27, \text{ оскільки } L_1 = 25; L_2 = 27$$

В цьому пристосуванні використана стандартна гідравлічна плита з діаметром поршня 60 мм. При тиску в системі 9,8 МПа поршень розвиває зусилля при ході вверх 29,5 кН, при ході вниз – 25,5 кН.