

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
великогабаритного валу $\varnothing 82 \times 770$ мм**

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

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Сушньов Ю.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Буховець В.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

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

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Сушньову Юрію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки великогабаритного валу діаметром 82 х 770 мм

Керівник роботи Буховець Валерій Миколайович, к.т.н., асистент каф. ВІ

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

Затверджені наказом ректора від « 27 » 12 2022 року № 4/7-1057

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2023

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Вал великогабаритний 82 х 770 мм» Базовий технологічний процес обробки деталі, паспорти обладнання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи; технологічний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки; розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій; проектування пристрою для обробки деталі; проектування пристрою активного контролю на одну з технологічних операцій; вирішення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці

літератури по тематиці роботи; технологічний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки; розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій; проектування пристрою для обробки деталі; проектування пристрою активного контролю на одну з технологічних операцій; вирішення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці

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

Аналіз формуютьоворюючих рухів – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчий механізм верстата – 2 ф.А1.

Пристосування верстатне – 1 ф.А1.

Контрольне пристосування – 1 ф. А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20.01.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу</i>	До 31.01.2023	
2	<i>Аналітичний розділ</i>	До 20.02.2023	
3	<i>Технологічний розділ</i>	До 17.03.2023	
4	<i>Конструкторський розділ</i>	До 17.04.2023	
5	<i>Охорона праці та безпека життєдіяльності</i>	До 12.05.2023	
6	<i>Графічна частина</i>	До 16.06.2023	
7	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	До 16.06.2023	
8			

Студент

_____ (підпис)

Сушньов Ю. Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Буховець В.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки великогабаритного валу $\varnothing 82 \times 770$ мм // Кваліфікаційна робота бакалавра. Сушньов Юрій Юрійович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2023.

Ключові слова: великогабаритний вал, механічна обробка, режими різання, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі приведено технологічні розрахунки на технологічну операцію «Шпонково-фрезерна» для деталі «Вал великогабаритний $\varnothing 82 \times 770$ мм». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання пристрою для закріплення валу на столі фрезерного верстату. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

SUSHNOV YURIY. Machine and instrumental support of a large shaft $\varnothing 82 \times 770$ mm processing. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2023.

Key words: shaft, machining, cutting modes, gearbox.

In the qualification work, the technological calculations for the technological operation "Key-milling" for the part "Large shaft $\varnothing 82 \times 770$ mm" are given. The kinematic scheme of the machine has been developed. The device for fixing the shaft on the table of the milling machine is developed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Сушньов Ю.Ю.</i>			<i>Анотація</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Бухавець В.М.</i>					4	1
Реценз.						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль</i>		
Н. Контр.		<i>Кодельник В.Р.</i>						
Затверд.		<i>Кодельник В.Р.</i>						

ВСТУП

Машинобудування та верстатобудування відносяться до стратегічних галузей, які становлять технологічну базу національної економіки. Вони сприяють розвитку інших галузей народного господарства та дозволяють виготовляти високотехнологічну продукцію. Саме розвиток цих галузей є певним показником промислового розвитку нашої країни.

Успішний розвиток даної галузі може забезпечити кардинальне оновлення парку технологічного оснащення та залучення великої кількості інвестицій. А цього важко досягнути в умовах війни та кризового стану нашої економіки.

За дослідженнями фахівців НАНУ [1] вкладання інвестицій в машинобудівну галузь України є досить ризикованим, оскільки продукція, яка випускається на підприємствах має низьку конкурентоспроможність, підприємства здебільшого є низькорентабельними. Після вкладання інвестицій потрібен досить тривалий час для їх окупності. Вкладені інвестиції повинні забезпечувати інноваційний розвиток галузі.

Окрім того слід звернути увагу на якісну підготовку фахівців галузевого машинобудування. Вони повинні володіти не тільки ґрунтовними теоретичними знаннями, а й мати практичні навички.

Багато уваги слід приділяти на орієнтацію випуску продукції на внутрішнього споживача та поступового виходу на світовий ринок. А для цього слід здійснити розширення асортименту продукції та суттєво підвищити її якість.

Цього можна досягнути за рахунок широкого використання сучасних CAD-CAM систем [2], а також використання металорізального обладнання, яке побудоване із застосуванням механізмів паралельних структур [3].

Вітчизняні фахівці бачать вихід з кризи в широкому впровадженні INDUSTRY-4.0, а саме орієнтації на штучний інтелект, та інтеграції науки з освітнім процесом та виробництвом [4].

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сциньов Ю.Ю.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бухавець В.М.</i>				<i>7</i>	<i>2</i>
<i>Реценз.</i>					<i>ВСТУП</i> <i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i> <i>зр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>					

На сьогоднішній на виробництві, для процесу механічної обробки, найбільш універсальним вважають верстати з ЧПК. Їх можна застосовувати для всіх типів виробництва. Перехід на випуск деталей іншої номенклатури на таких верстатах відбувається при зміні керуючої програми. Даний тип обладнання відрізняється своєю гнучкістю та високою продуктивністю [5].

Дослідження проведені українськими фахівцями [6] показали, що більше 85% усіх валів, що оброблюються – це ступінчасті вали $\varnothing 30 - 80$ мм, їх довжина переважно становить $l = 150 \dots 1000$ мм.

В основі розробки раціонального ТП механічної обробки будь-якої деталі повинні застосовуватися економічний та технічний підхід. Економічний підхід передбачає обробку деталі за умов мінімальної трудомісткості та собівартості. Технічний підхід повинен передбачити відповідність деталі, що обробляється, робочому кресленню та технічним умовам її виготовлення.

Виходячи з приведених вище міркувань тема «Верстатне та інструментальне забезпечення обробки великогабаритного валу $\varnothing 82 \times 770$ мм» є актуальною.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота бакалавра складається із вступу, чотирьох розділів і основних висновків, які розміщені на ___ сторінках, ___ рисунків та ___ таблиць на ___ сторінках, списку літературних джерел з ___ найменувань на ___ сторінках і ___ додатків на ___ сторінках, всього ___ сторінок.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання та характеристика об'єкту виробництва

Деталь «Великогабаритний вал Ø82 × 770 мм» (див. рис. 1.1) входить до складу редуктора, на основі якого працює підймальна установка ПРТС-60. Дана установка використовується в самохідній машині, яка використовується в обладнанні нафтопромислу.

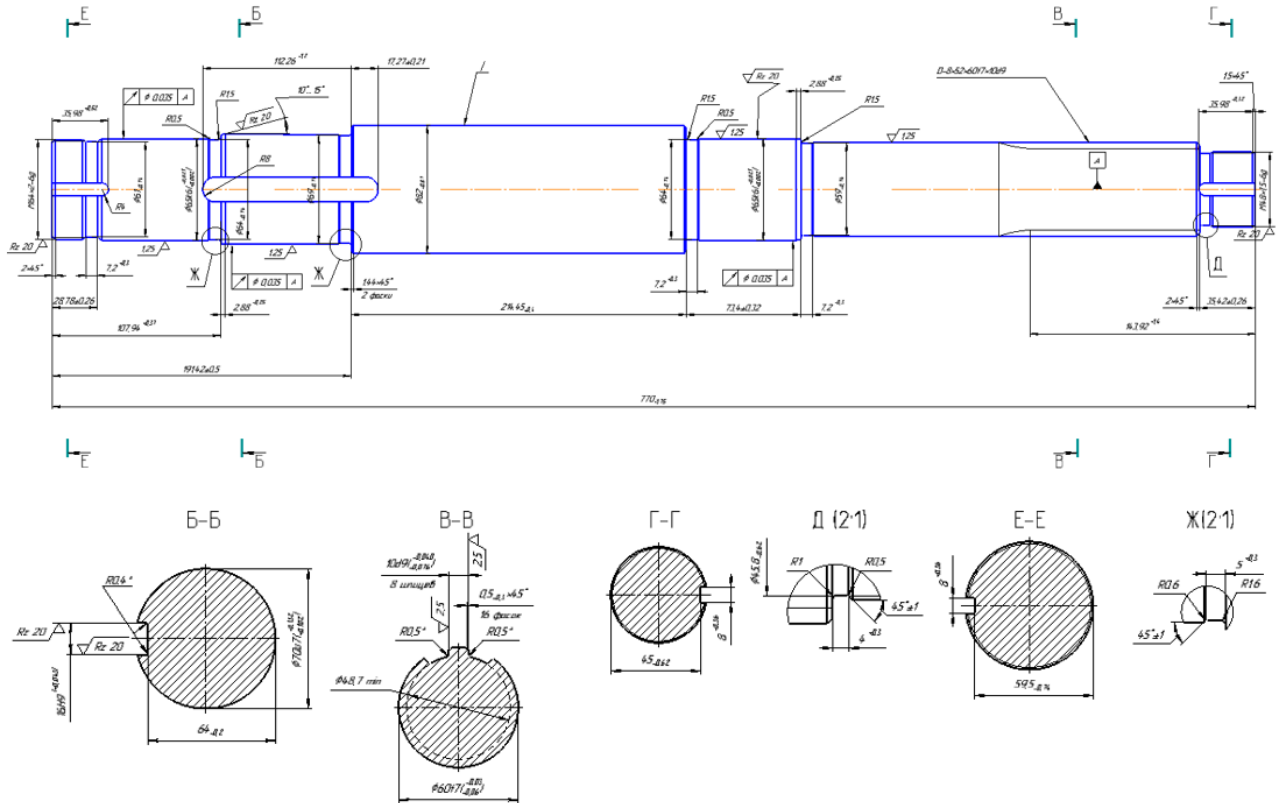


Рис.1.1. Загальний вигляд деталі «Великогабаритний вал Ø82 × 770 мм»

У відповідності до виданого завдання, річна програма випуску деталі «Великогабаритний вал Ø82 × 770 мм» становить 4200 шт, що відповідає серійному типу виробництва.

З використанням класифікатору ЄСКД [7] визначаємо конструкторський клас деталі, послідовність його визначення приведена на рис. 1.2.

<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Сциньов Ю.Ю.		
Перевір.		Бухавець В.М.		
Реценз.				
Н. Контр.		Кодельник В.Р.		
Затверд.		Кодельник В.Р.		
<i>Аналітична частина</i>			Лит.	Арк.
				9
			ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль	

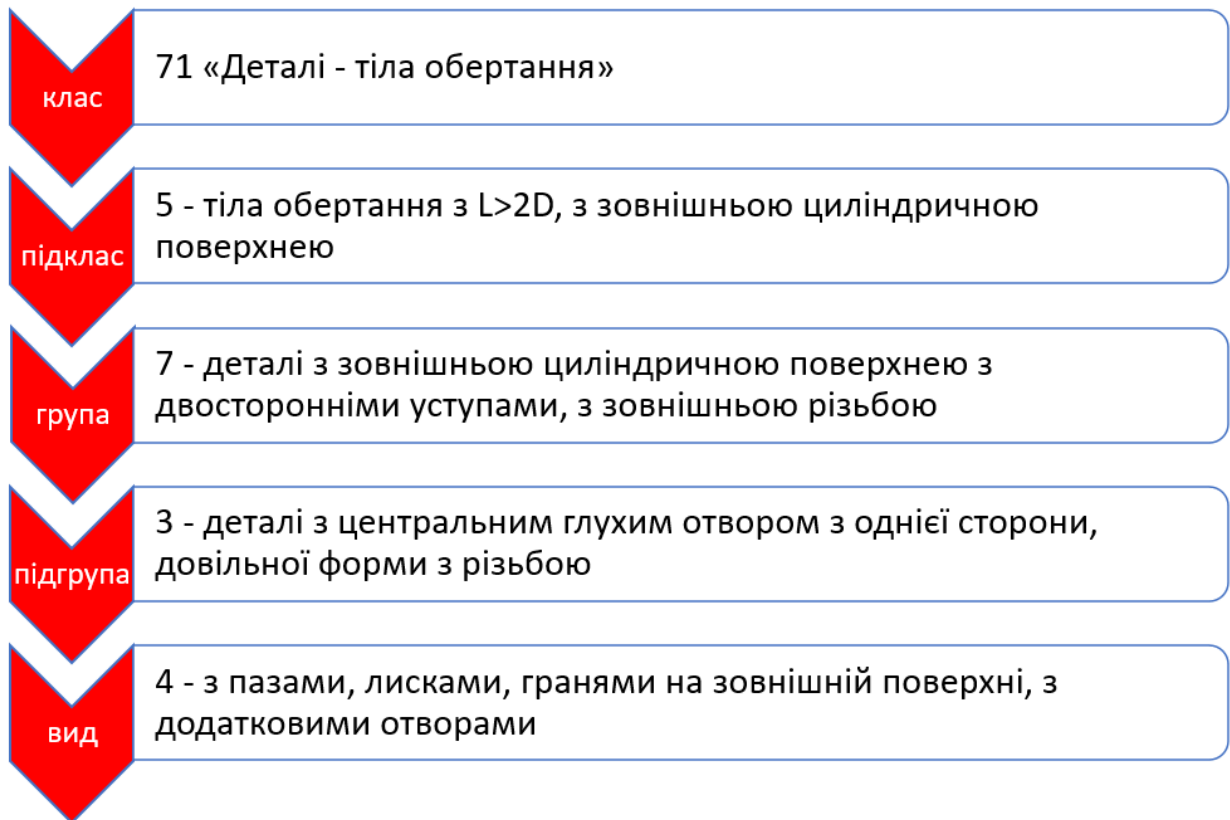


Рис. 1.2. Визначення конструкторського класу деталі за класифікатором ЄСКД

На основі проведеного аналізу визначаємо, що конструкторський клас деталі: 715734.

Для виготовлення валу (згідно креслення деталі) буде використовуватися Сталь 40Х [8]. Дана сталь має хорошу оброблювану здатність, вона відрізняється високою міцністю. В таблиці 1.1. наведені основні фізичні та механічні властивості даної сталі.

Таблиця 1.1 - Механічні та фізичні властивості сталі 40Х ГОСТ 1050-88

Механічні властивості				Фізичні властивості			
границя текучості, σ_T МПа	тимчасовий опір розриву, σ_B МПа	відносне видовження δ , %	ударна в'язкість a_n , Дж/м ²	Твердість, НВ	густина γ , г/см ³	теплопровідність λ , Вт/(м · С°)	коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^6$
786	980	10	6	235—262	7,814	58	11-13

Приведене в завданні кресленні деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» дозволяє отримати вичерпну інформацію про її конфігурацію, а також розміри поверхонь, вимоги по точності складових поверхонь.

Для кращого уявлення про зовнішній вигляд деталі здійснимо побудову її тривимірної моделі, яка приведена на рис. 1.3.

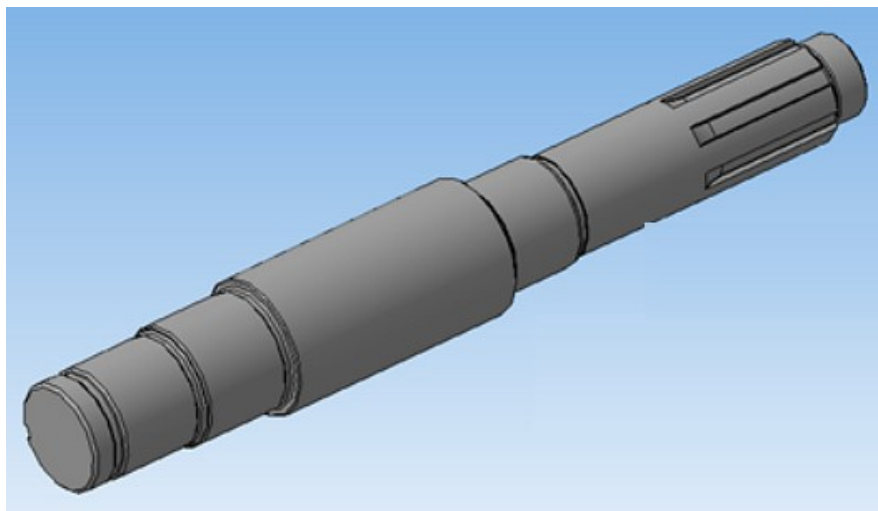


Рис. 1.3. Тривимірна модель деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм»

Деталь є симетричною щодо своєї осі.

Перевіряємо чи відноситься деталь до жорстких деталей, для цього повинна виконуватися умова:

$$\frac{l}{d} < 5 \quad (1.1)$$

Оскільки $\frac{l}{d} = \frac{770}{82} = 9,7 > 5$, то деталь «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» відноситься до нежорстких деталей.

Технологія виготовлення деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» не передбачає застосування складного ТП, також немає спеціальних умов щодо її зберігання та транспортування.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Практично всі поверхні, крім шпонкового пазу, мають вільний підвід та відвід ріжучого інструменту. Для обробки пазу буде застосовуватись кінцева фреза.

Згідно виданого завдання базовий ТП виготовлення деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» передбачав виконання 15 технологічних операцій, порядок їх виконання та перелік використовуваного обладнання приведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Базовий ТП для деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм»

Номер і назва операції	Обладнання
005 Заготівельна	
010 Токарна	16К40П
015 Токарна	16К40П
020 Токарна	16К40П
025 Токарна	16К40П
030 Токарна	16К40П
035 Фрезерна	6Т12
040 Шліце-фрезерна	5350
045 Токарна	16К40П
050 Токарна	16К40П
055 Термічна	піч термічна
060 Круглошліфувальна	3М131
065 Круглошліфувальна	3М131
070 Мийна	Машина мийна
075 Контрольна	Стіл контрольний

Приведений ТП має ряд недоліків. На мою думку, під час обробки деталі слід застосувати високопродуктивні верстати з ЧПК, що дозволить не тільки скоротити кількість застосовуваного обладнання, а й суттєво скоротити час обробки деталі.

1.2 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь

При обробці деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм», обладнання на якому це буде відбуватися, повинно забезпечити виконання певних формоутворюючих рухів. Слід забезпечити узгодження руху інструменту та заготовки.

Обробка заготовки торцевою фрезою передбачає використання формоутворюючих рухів, які приведені на рис. 1.4.

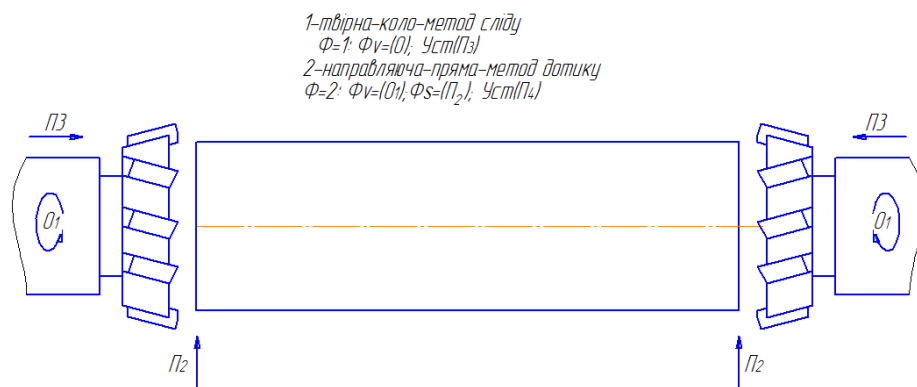


Рис. 1.4. Комплекс формоутворюючих рухів при обробці нерухомої заготовки торцевими фрезами

На рис. 1.5 наведено схему обробки, яка передбачає використання центрального свердла (обробка є двосторонньою).

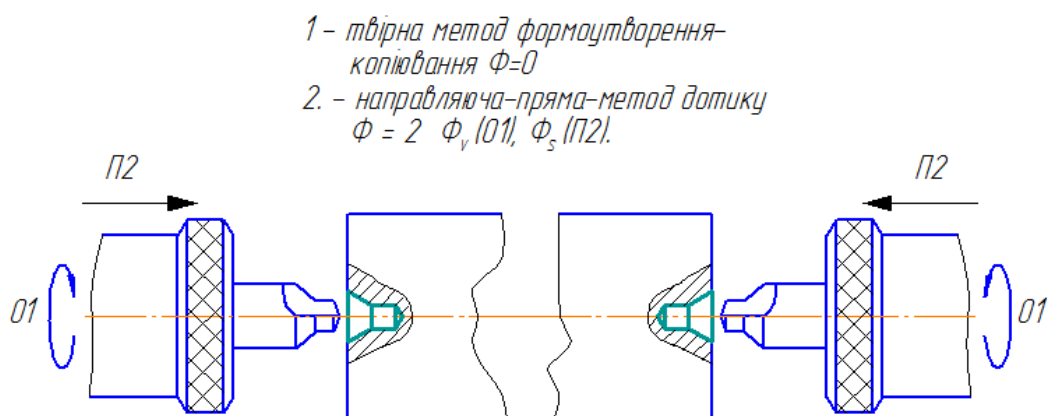


Рис. 1.5. Комплекс формоутворюючих рухів при обробці нерухомої заготовки центральними свердлами

					КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

При обробці фасонних поверхонь (нарізання фаски) обладнання повинне забезпечити комплекс формоутворюючих рухів, які приведені на рис. 1.6.

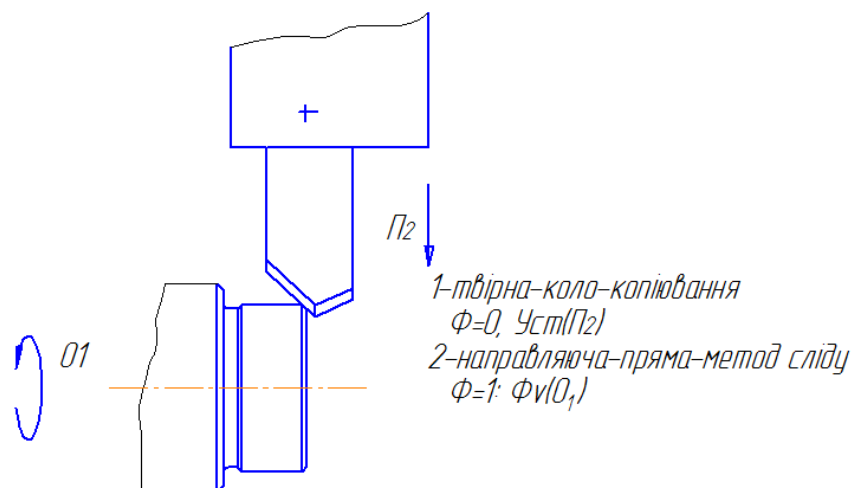


Рис. 1.6. Комплекс формоутворюючих рухів при обертovому русі заготовки та поступальному руху різця

В процесі виконання операції шліфування (див. рис. 1.7) відбувається одночасне обертання заготовки та інструменту, при цьому ріжучий інструмент додатково може здійснювати переміщення вздовж осі обертання заготовки.

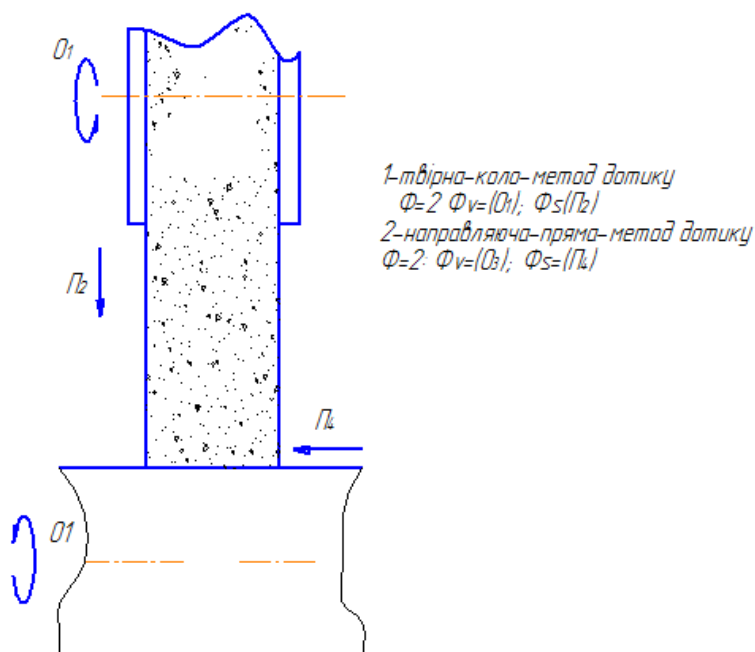


Рис. 1.7. Комплекс формоутворюючих рухів при обертovому русі заготовки та інструменту (операція шліфування)

					КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

На рис. 1.8. приведено схему обробки зовнішньої циліндричної поверхні заготовки. Як видно з приведеної схеми заготовка виконує обертовий рух, а інструмент – поступальний рух відносно осі заготовки.

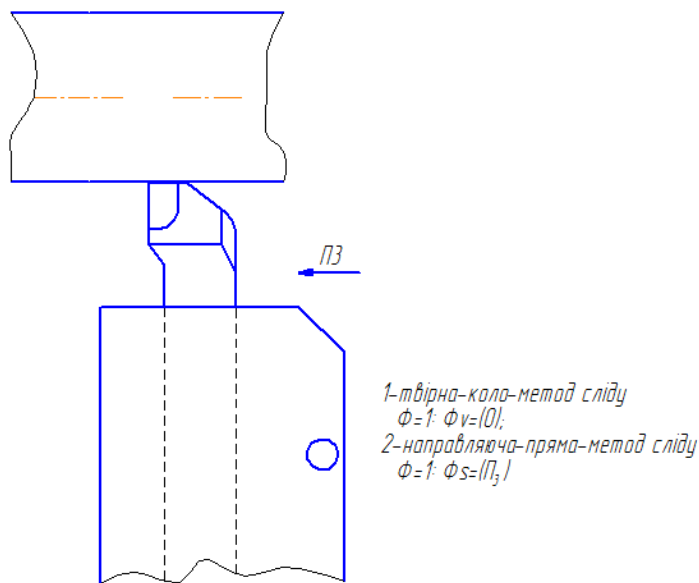


Рис. 1.8. Комплекс формоутворюючих рухів при обертovому русі заготовки та поступальному руху інструменту (операція точіння)

В процесі виконання операції шпонко-фрезерна (див. рис. 1.9) відбувається обертовий та поступальний рух інструменту, при цьому заготовка повинна залишатися нерухомою.

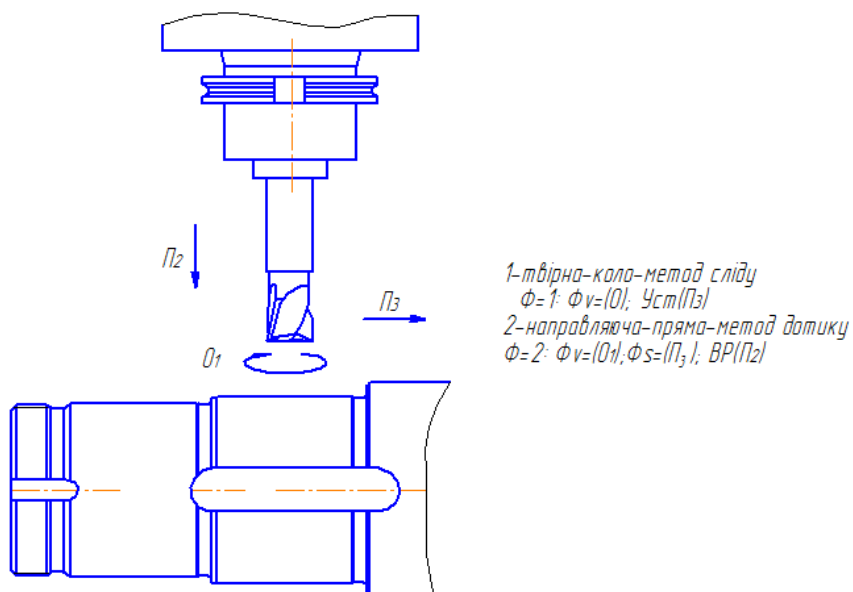


Рис. 1.9. Комплекс формоутворюючих рухів при обробці шпонкового пазу

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

При проведенні шліцефрезерної операції (рис. 1.10) необхідно забезпечити наступні формоутворюючі рухи:

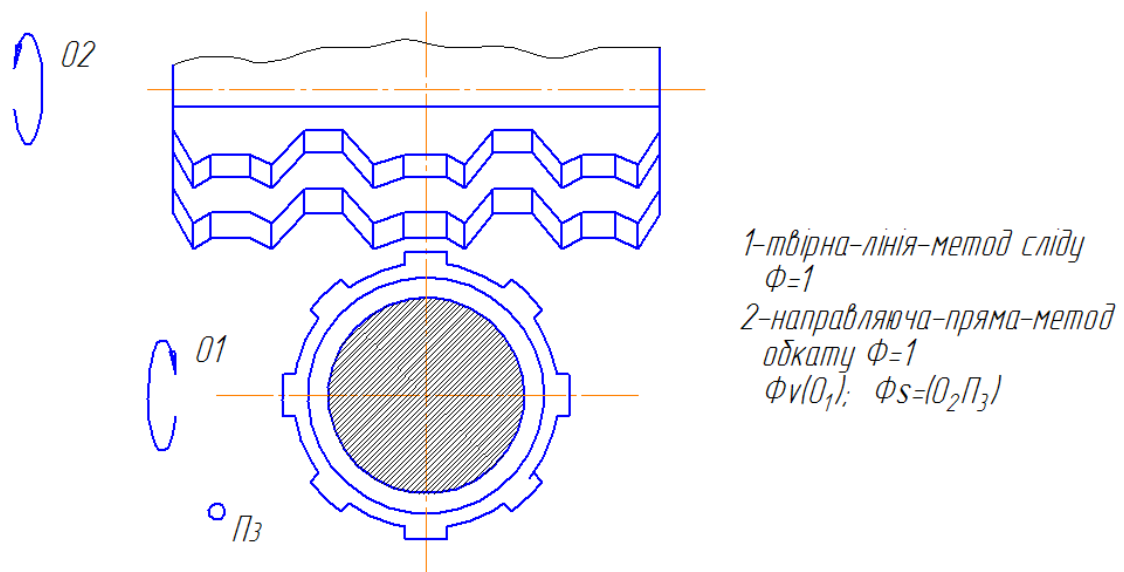


Рис. 1.10. Комплекс формоутворюючих рухів при виконанні шліце-фрезерної операції

1.3 Огляд літератури

Українські фахівці вважають, що на сьогоднішній день при обробці деталей типу вал, актуальною є високошвидкісна обробка, здійснення обробки поверхні деталі без використання МОР або її мінімальною кількістю, здійснення комплексної обробки на одному верстаті, з використанням великої кількості інструментів (різці, фрези, шліфувальний інструмент) [9]. Саме тому сучасні токарні верстати з ЧПК додатково можуть оснащуватися револьверними головками з приводними головками, фрезерним супортом. Обробка на таких верстатах може бути максимальною комплексною.

Також однією із тенденцій обробки нежорстких валів є використання обладнання з плоскими кінематичними зв'язками [3].

На сьогоднішній день надзвичайно великий вплив на якість поверхні та її обробку деталі в цілому має технічний рівень інструментального оснащення та раціональний спосіб його використання. На виробництві надають перевагу ріжучому інструменту, який пропонують фірми SANDVIK COROMANT, ISCAR [6]. Так на рис. 1.11. приведено приклад застосування інструментальної системи CoroPlex при обробці деталей типу «вал».

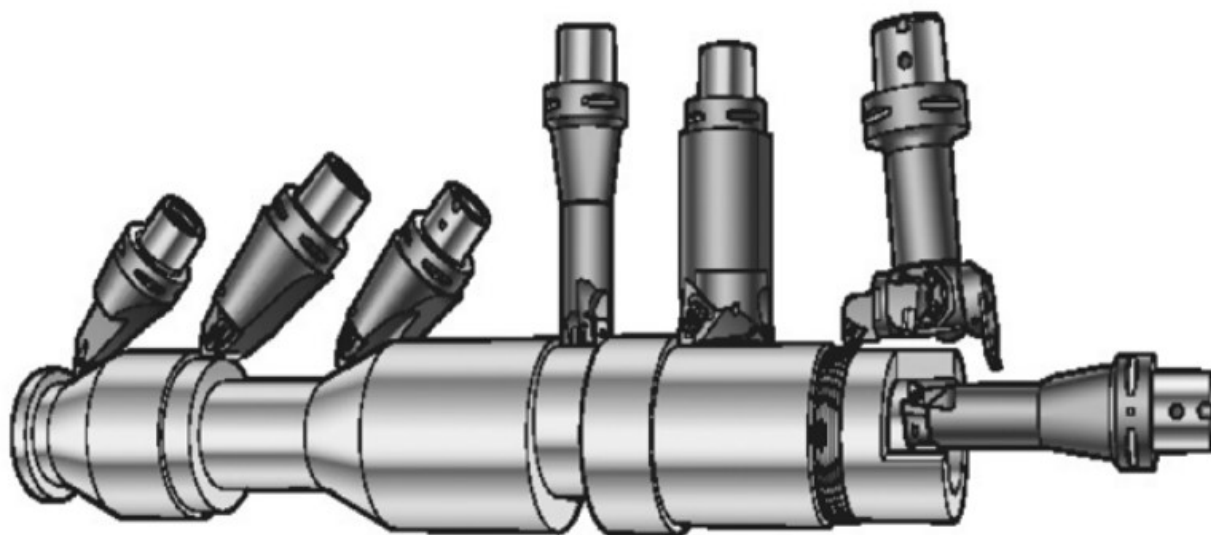


Рис. 1.11. Приклад застосування інструменту CoroPlex від компанії SANDVIK COROMANT при обробці валів

Багато досліджень було проведено вітчизняними науковцями стосовно використання багатолезових інструментів, що містять адаптивні кінематичні зв'язки [10, 11]. Авторами здійснено теоретичне обґрунтування процесу такої обробки та приведені конкретні рішення їх практичної реалізації.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання

Попередньо проведені розрахунки показали, що для деталі «Великогабаритний вал $\text{Ø}82 \times 770 \text{ мм}$ » оптимальний спосіб отримання її заготовки є гаряче штампування. На рис. 2.1 приведено зовнішній вигляд заготовки деталі.

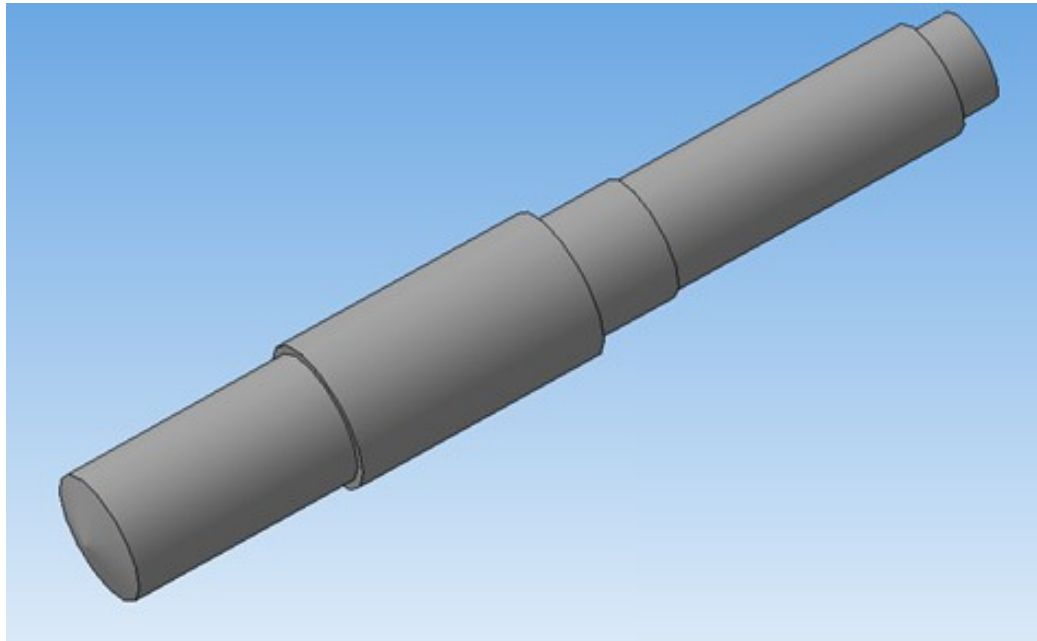


Рис. 2.1. Поковка деталі «Великогабаритний вал $\text{Ø}82 \times 770 \text{ мм}$ »

Проведений в попередньому розділі аналіз базового ТП виготовлення деталі «Великогабаритний вал $\text{Ø}82 \times 770 \text{ мм}$ » показав, в ньому є деякі недоліки, які можна усунути здійснивши заміну верстатів. Для обробки валу доцільно використовувати верстати з ЧПК.

В таблиці 2.1 приведено розроблений ТП виготовлення деталі «Великогабаритний вал $\text{Ø}82 \times 770 \text{ мм}$ ».

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Сциньов Ю.Ю.</i>			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Бухавець В.М.</i>				17	9
Реценз.					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
Н. Контр.		<i>Кодельник В.Р.</i>					
Затверд.		<i>Кодельник В.Р.</i>					
<i>Технологічний розділ</i>							

Таблиця 2.1. Пропонований ТП виготовлення деталі

Номер і назва операції	Обладнання
005 Фрезерно-центрувальна	мод. 2Г942
010 Токарна з ЧПК	мод. 16А20Ф3
015 Токарна з ЧПК	мод. 16А20Ф3
020 Шпонково-фрезерна	мод. ГФ2171С5
025 Шліце-фрезерна	мод. 5350
030 Токарна з ЧПК	мод. 16А20Ф3
040 Термічна	Піч термічна
045 Круглошліфувальна	Мод. 3Б161
050 Мийна	Машина мийна
055 Контрольна	Стіл контрольний

Більш детально ознайомитися з ТП виготовлення деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» можна в Додатку А.

2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Здійснимо призначення режимів різання для операції 020 Шпонково-фрезерна. Дана операція передбачає фрезерування шпонкового паза $B = 16$ мм.

Для початку обираємо фрезу та згідно нормативно-довідникової літератури встановлюємо її розмірно-геометричні характеристики. При виборі фрези скористаємось каталогом компанії Iscar.

Вибираємо фрезу EC160E32-3C16, вона має нормальний зуб, кількість зубів фрези $z = 3$, кут нахилу спіралі становить 38° . Вибір діаметру фрези обумовлений шириною пазу, тобто $D = B = 16$ мм.

Спочатку встановимо значення глибини різання. Згідно креслення деталі нам потрібно обробити паз шириною 16 мм та глибиною 6 мм. Приймаємо глибину пазу $t = h = 6$ мм (обробка пазу буде відбуватися за один прохід).

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Для обробки пазу слід призначити величину подачі на зуб фрези. За умови, що оброблятися буде сталь $S_z = 0,05$ мм/зуб [12].

Також у відповідності до існуючих рекомендацій призначаємо період стійкості фрези. Згідно [12] приймаємо період стійкості $T = 60$ хв.

На основі вибраних значень призначаємо швидкість головного руху різання, її значення лімітоване ріжучими властивостями фрези. Згідно [12] приймаємо $V_{\text{табл}} = 18$ м/хв.

Тоді значення частоти обертання шпинделя визначимо із залежності [12]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.1)$$

Підставивши раніше прийняті значення отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 16} = 358,3 \text{ хв}^{-1}$$

Отримане значення слід відкоригувати до паспортного значення частоти обертання шпинделя базового верстату. Приймаємо $n_d = 400 \text{ хв}^{-1}$.

Після цього проведемо розрахунок дійсної швидкості різання [12]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot n_d \cdot D}{1000} \quad (2.2)$$

Отримане в результаті обчислень значення становить:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 400}{1000} = 20,09 \text{ м/хв}$$

Далі слід визначити швидкість руху подачі, для цього скористаємось залежністю:

$$V_s = S_z \cdot z \cdot n_d \quad (2.3)$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Ці значення ми прийняли на попередніх кроках, тому в результаті підстановки отримаємо:

$$V_s = 0,05 \cdot 3 \cdot 400 = 60 \text{ мм/хв}$$

Отримане значення слід відкоригувати у відповідності до паспортних даних верстату. Приймаємо $V_s = 63 \text{ мм/хв}$.

Нам необхідно розрахувати величину потужності, яку слід забезпечити для здійснення процесу фрезерування. Так у відповідності до рекомендацій при $S_z < 0,07 \text{ мм/зуб}$, ширині пазу $B = 16 \text{ мм}$, та глибині пазу $t < 10 \text{ мм}$ – табличне значення потужності різання буде становити:

$$N_{\text{табл}} = 0,82 \text{ кВт.}$$

З врахуванням поправочного коефіцієнту:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot k_{\Pi} \quad (2.4)$$

де $k_{\Pi} = 1$ – поправочний коефіцієнт, що дозволяє врахувати задані умови обробки.

$$N_{\text{різ}} = 0,82 \cdot 1 = 0,82 \text{ кВт}$$

Отримане в результаті обчислень значення перевіряємо, чи відповідає воно потужності приводу верстата. Для верстата ГФ2175С5 $N_{\text{шп}} = 2,2 \text{ кВт}$.

Оскільки $0,82 < 2,2$, то обробка на даному верстаті можлива.

Обчислимо значення основного часу для даної операції [12]:

$$T_0 = \frac{L}{V_s} \quad (2.5)$$

$$L = l + y + \Delta \quad (2.6)$$

де y – величина врізання, її визначаємо із виразу:

$$y = \frac{D}{2} \quad (2.7)$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Оскільки у нас діаметр відповідає ширині пазу, то отримаємо:

$$y = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм}$$

Δ - величина перебігу, її слід обрати з умови: $\Delta = 1 \dots 5 \text{ мм}$.

Приймаємо $\Delta = 3 \text{ мм}$.

Тоді: $L = 78 + 8 + 3 = 89 \text{ мм}$

Провівши підстановки отримаємо:

$$T_0 = \frac{89}{63} = 1,4 \text{ хв}$$

З використанням програми «Machining calculator» від компанії «Walter» проведемо розрахунок режимів різання для токарної обробки. Методика, згідно якої проводились обчислення, приведена в Додатку Б.

Проведемо розрахунок режимів різання для токарної обробки зовнішньої циліндричної поверхні валу $\emptyset 65k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$. Обробка буде передбачати чистове та чорнове точіння.

Чорнове точіння передбачає зняття шару металу від $\emptyset 72,74$ до $\emptyset 65,84$.

При чистовому точінні буде здійснено обробку від $\emptyset 65,84$ до $\emptyset 65,2$.

Остаточний розмір $\emptyset 65k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$ буде отримано в результаті чистового шліфування.

Спочатку розрахуємо перехід – чорнове точіння. Обробку будемо проводити прохідним токарним прямим різцем. На рис. 2.2. приведені вихідні дані згідно яких проводився розрахунок, та отримані розрахункові значення: основної сили різання (Main cutting force), швидкості знімання металу (Metal removal rate), часу обробки (Cut time), розрахункове значення крутного моменту (Torque) та необхідної потужності різання (Power).

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

P Low-alloyed steel tempered (HB 300, Rm 1013 N/mm ²)		Turning diameter	Cutting speed	Revolutions per minute, RPM
		72.74	130	569
		Dc mm	vc m/min	n RPM
Depth of cut	Entry angle	Feed per revolution	Linear feed	Length of cut
3.45	60	0.70	398	75
ap mm	k °	fn mm/rev	vf mm/min	lm mm
Rake angle	Efficiency	Wear factor	Calculation formula	
15	95	10	f_x	
$\gamma °$	$\eta %$	%		
		Main cutting force		5441.80 Fc N
		Metal removal rate		299.06 cm ³ /min
		Cut time		11.30 Seconds
		Torque		179.19 Mc Nm
		Power		11.23 Pmot KW

Рис. 2.2. Автоматизований розрахунок чорнового точіння на поверхню $\varnothing 65k6$

Аналогічні обчислення проведемо для чистової обробки, вихідні дані та результати розрахунку приведені на рис. 2.3.

P Low-alloyed steel tempered (HB 300, Rm 1013 N/mm ²)		Turning diameter	Cutting speed	Revolutions per minute, RPM
		65.84	207	1000
		Dc mm	vc m/min	n RPM
Depth of cut	Entry angle	Feed per revolution	Linear feed	Length of cut
0.32	60	0.60	600	75
ap mm	k °	fn mm/rev	vf mm/min	lm mm
Rake angle	Efficiency	Wear factor	Calculation formula	
15	95	10	f_x	
$\gamma °$	$\eta %$	%		
		Main cutting force		449.71 Fc N
		Metal removal rate		39.52 cm ³ /min
		Cut time		7.50 Seconds
		Torque		14.00 Mc Nm
		Power		1.54 Pmot KW

Рис. 2.3. Автоматизований розрахунок чистового точіння на поверхню $\varnothing 65k6$

2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

Вибір обладнання для ТП обробки заданої деталі є складною задачею, яка передбачає врахування багатьох факторів. На рис. 2.4 приведені основні фактори, які мали вплив при здійсненні нами вибору обладнання.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

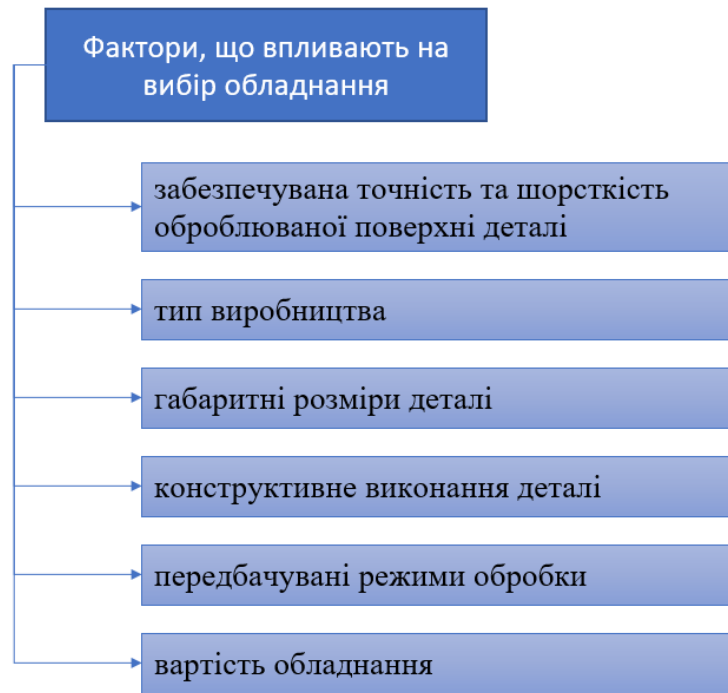


Рис. 2.4. Фактори, що впливають на вибір обладнання при розробці ТП

При розробці ТП обробки деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» ми провели аналіз обладнання, яке має переважне застосування при виготовленні аналогічних деталей. З врахуванням приведених вище факторів ми здійснили порівняльний аналіз та вибір моделей металорізальних верстатів, які доцільно задіяти в розробленому ТП, їх технічні характеристики наведені в Додатку В.

2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції

Надзвичайно відповідальним етапом при проектуванні ТП є вибір та призначення інструментального оснащення. На даному етапі здійснюють підбір різальних інструментів, а також допоміжного та вимірювального інструменту.

При виборі різального інструменту слід врахувати матеріал заготовки, метод яким буде здійснено процес різання, а також врахувати технічні вимоги до поверхні деталі.

Так для операції 010 та 015, згідно каталогу [13], призначаються підрізний різець MWLNR 2525M-08W з пластинку з твердого сплаву (тригранною), та контурний різець MWLNL 2525M-06W, їх зовнішні вигляди приведено відповідно на рис. 2.5 та рис. 2.6.



Точення ISO
Основне застосування

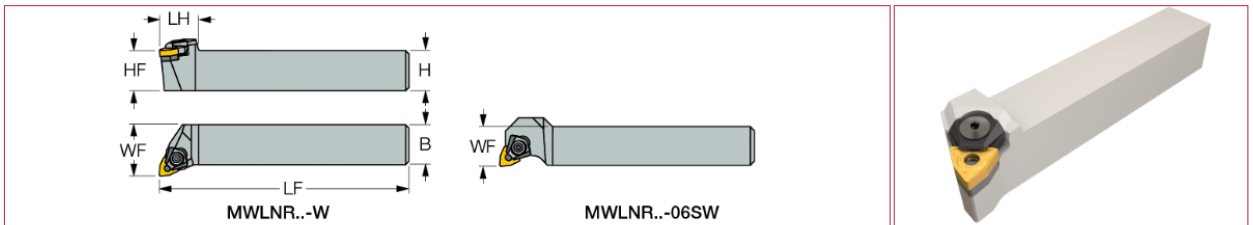


Зовнішньо. тригон. 80°, кут у плані 95°
Операція

Сумісна пластина Сумісне оснащення

ISOTURN

Назва серії: **MWLNR/LW** Державки з клиновим прихватом для тригональних пластин



Показано правосторонню

Позначення: **MWLNR 2525M-08W**

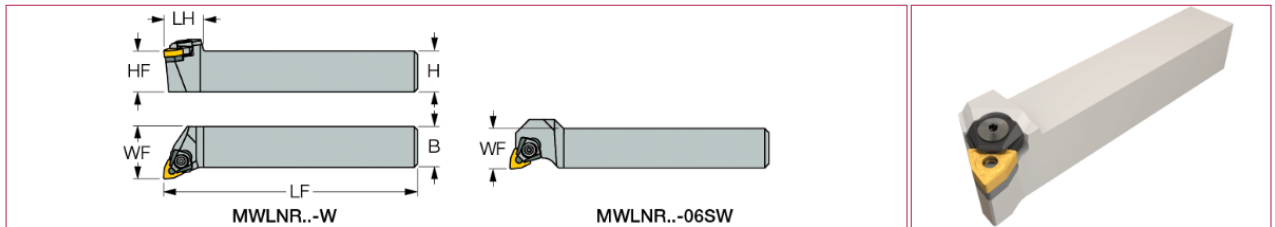
Non ISO ISO 13399

H	HF	B	LF	LH	WF	HAND	MIID
25.0	25.0	25.0	150.00	30.0	32.00	R	WNMG 080404-GN

Рис. 2.5. Різець MWLNR 2525M 08W

ISOTURN

MWLNR/L-W : Токарні державки з затиском зверху для пластин "Ламаний трикутник"



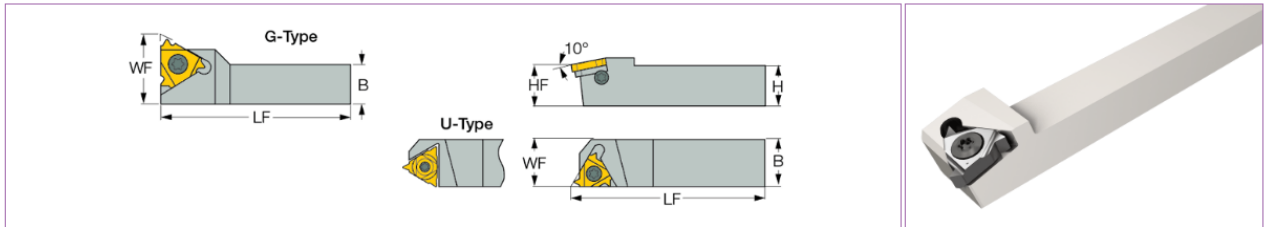
Non ISO ISO 13399

Назва	H	HF	B	LF	LH	WF	HAND	MIID
MWLNL 2525M-06W	25.0	25.0	25.0	150.00	25.0	32.00	L	WNMG 06T304-GN

Рис. 2.6. Різець MWLNL 2525M-06W

Так для операції 030 згідно каталогу [13], призначаються різенарізний різець SEL 2525 M16, його зовнішній вигляд приведено на рис. 2.7.

SER/L : Державка для зовнішнього різьбонарізання



Non ISO ISO 13399

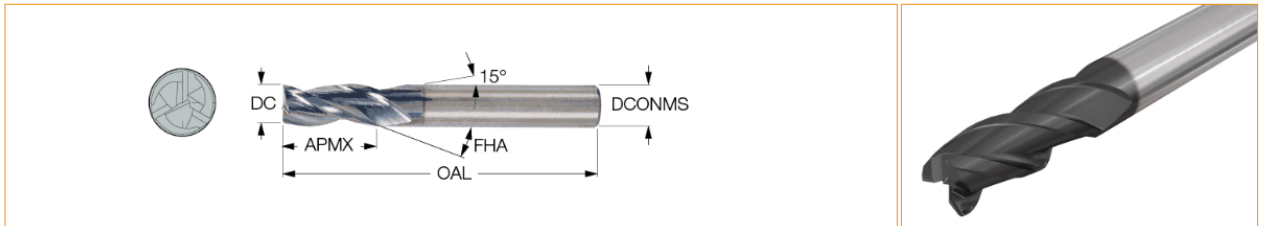
Назва	H	HF	B	LF	WF
SEL 2525 M16	25.0	25.0	25.0	150.00	25.00

Рис. 2.7. Різець SEL 2525 M16

Для операції 020 призначаємо фрезу шпоночну EC160E32-3C16 [14], її загальний вигляд та характеристики приведені на рис. 2.8.

SOLIDMILL
PREMIUM LINE

EC-E-3 : Цільні твердосплавні фрези з 3 канавками з кутом нахилу спіралі 38°



Результати пошуку для: DC = '16.00' Clear

Не ISO ISO 13399

Назва	DC	DCONMS	APMX	OAL	NOF	FHA	RMPX*	Ф хвостовик	fz (мін)	fz (макс.)	Жорсткий Сплав та Vc	Твердий
EC160E32-3C16	16.00	16.00	32.00	92.00	3	38.0	5.0	C	0.05	0.13	IC08 IC900	Клацність на номер класу для швидкості різання
EC160E32-3W16	16.00	16.00	32.00	92.00	3	38.0	5.0	IN	0.05	0.13	IC900	

Рис. 2.7. Фреза EC160E32-3C16

При виконанні інших операцій та технологічних переходів ми будемо застосовувати загальнодоступний стандартизований інструмент.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Кінематичний розрахунок приводу верстату

3.1.1 Розрахунок ефективної потужності верстату

Згідно існуючих рекомендацій проектування верстату слід розпочинати з аналізу області його ефективного використання. Тому слід провести аналіз операцій які ймовірно на ньому будуть виконуватися.

Для даного типу верстату лімітуючими будуть режими обробки під час чорнового торцевого фрезерування матеріалів з конструкційної та легованої сталі, а також торцеве фрезерування мідних та алюмінієвих сплавів.

Для проведення даного аналізу ми застосовували довідникові таблиці [12]. Результати проведеної роботи зводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Таблиця режимів різання

матеріал		обробка	припуск, мм Δ/z	V , м/хв (n , об/хв)	S_z , мм/зуб	N , кВт
інструменту	заготовки					
Фрезерування торцеве						
Т15К6	Конструкційна та легована сталь	чорнова	5 (110/4) 5(150/6)	280 (810) 380 (590)	0,1 0,7	7,8 7,8
		чистова	1,5 (80/5) 1,5 (80/5)	352 (1400) 380 (590)	0,07 0,13	1,9 2,7
PP18	Мідні та алюмінієві сплави	чорнова	10 (110/12) 10 (110/12)	65 (189) 58 (168)	0,24 0,33	7,9 9,4
		чистова	3 (90/10) 3 (90/10)	352 (1400) 380 (590)	0,07 0,13	1,3 1,6

Проведемо розрахунок необхідної потужності електродвигуна [15]:

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

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Сущиньов Ю.Ю.</i>			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Бухавець В.М.</i>				26	22
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВС-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		<i>Кодельник В.Р.</i>					
Затверд.		<i>Кодельник В.Р.</i>					
<i>Конструкторська частина</i>							

де $k = 1,25$ – значення коефіцієнту короткочасного навантаження;

$\eta = 0,85$ - ККД приводу верстату.

Згідно таблиці 3.1. приймаємо: $P_p = 9,4$ кВт.

Після відповідної підстановки отримаємо:

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

Також нам необхідно визначити потужність двигуна, який буде використовуватись у приводі подач:

$$P_{\text{под}} = (0,15 \dots 0,20) \cdot P_{\text{гол}} \quad (3.2)$$

Провівши підстановку отримаємо:

$$P_{\text{под}} = (0,15 \dots 0,20) \cdot 8,85 = 1,88 \text{ кВт.}$$

Тоді сумарна потужність електродвигуна буде становити:

$$P_{\text{ед}} = 8,85 + 1,88 = 10,73 \text{ кВт}$$

На основі проведеного розрахунку по значенню $P_{\text{ед}}$ вибираємо електродвигун для приводу верстату:

Приймаємо двигун 4AM160S4B3 ($P_{\text{дв}} = 11$ кВт, $n_{\text{дв}} = 1450$ об/хв).

3.1.2. Розрахунок значень частот і подач

Для визначення граничних значень частот обертів шпинделя верстату N_{max} та N_{min} застосуємо формули [16]:

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

$$n_{\text{max}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{max}}}{\pi \cdot D_{\text{min}}} \quad (3.4)$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Підставивши значення отримаємо:

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot 19,5}{3,14 \cdot 150} = 41,38 \text{ об/хв.}$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 380}{3,14 \cdot 75} = 1631,59 \text{ об/хв}$$

Граничні значення величини подач також обираємо з попередньо проведених розрахунків.

$$S_{min} = 0,045 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{max} = 0,33 \text{ мм/зуб}$$

Після цього переходимо до визначення числа ступенів та розрахунку значення частот обертання n для кожної ступені.

Згідно існуючих рекомендацій спочатку слід визначити діапазон регулювання [16]:

$$R_n = 1,25 \cdot \frac{N_{max}}{N_{min}} \quad (3.5)$$

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

$$R_n = 1,25 \cdot \frac{1613,59}{41,38} = 48,74$$

Число z можемо обчислити за виразом:

$$z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1 \quad (3.6)$$

де $\varphi = 1,26$.

$$z = \frac{\lg 48,74}{\lg 1,26} + 1 = 17,78$$

Отримане значення заокруглюємо до найближчого цілого: $z = 18$.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Проведемо розрахунок проміжних значень частот обертання, для цього скористаємось виразами:

$$\begin{aligned}n_{min} &= n_1 \\n_i &= n_{i-1} \cdot \varphi, \\n_i &= n_1 \cdot \varphi^{i-1},\end{aligned}\tag{3.7}$$

де n_{min} – значення, яке відповідає мінімальній частоті обертів шпинделя;
 φ - знаменник геометричного ряду частот.

В результаті обчислень отримаємо наступний ряд частот обертів:

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

3.1.3 Розробка структурної формули та структурної сітки

У відповідності до методичних рекомендацій [16] здійснимо побудову структурної сітки, вона дає змогу в наочній формі представити інформацію про кількість груп передач та їх число в кожній з них.

Для $Z_n = 18$ можуть бути наступні варіанти структури:

$$z = 2(1) \cdot 3(2) \cdot 3(6) = 18;$$

$$z = 3(1) \cdot 2(3) \cdot 3(6) = 18;$$

$$z = 3(1) \cdot 3(3) \cdot 2(9) = 18;$$

$$z = 3(3) \cdot 3(1) \cdot 2(9) = 18;$$

Всього може бути 18 варіантів структури.

Для вибору оптимальної візьмемо 3 та 4 варіант. Для них побудуємо структурні сітки, вони відповідно приведені на рис. 3.1. та 3.2.

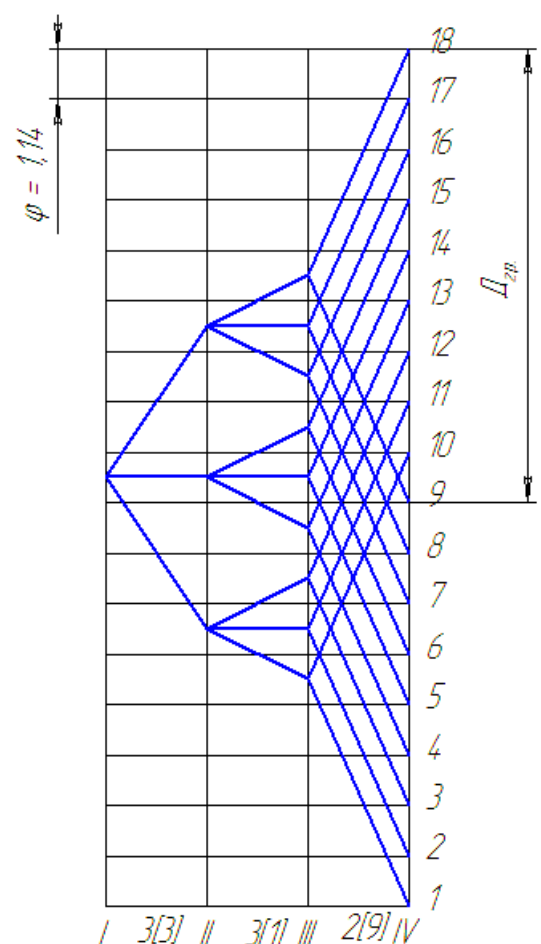
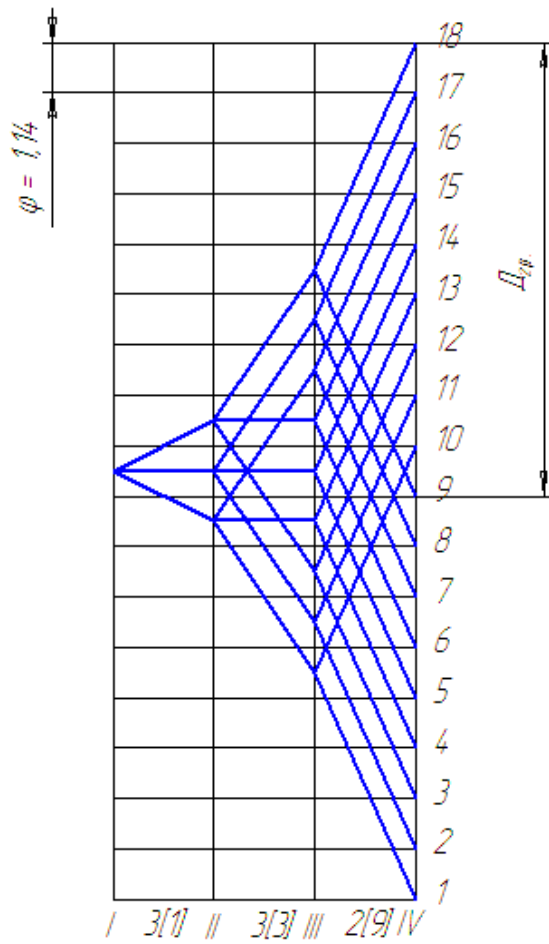


Рис. 3.1. Структурна сітка за виразом $z = 3(1) \cdot 3(3) \cdot 2(9) = 18$

Рис. 3.2. Структурна сітка за виразом $z = 3(3) \cdot 3(1) \cdot 2(9) = 18$

Перший варіант є доцільнішим, оскільки ми отримуємо в конструкції діаметри валів меншого перерізу.

3.1.4 Побудова графіка чисел обертів

Для побудови графіку чисел обертів слід обчислити передаточні відношення для всіх груп передач [16].

Результати обчислень зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Зведені розрахунки передаточних відношень передач

Група передач	Розрахункові значення
Перша	$i_1 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26} = 0,44$
Друга	$i_2 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26} = 0,63$ $i_3 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,26^3} = 0,5$ $i_4 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,4$
Третя	$i_5 = \frac{\varphi^2}{1} = 1,26^2 = 1,6$ $i_6 = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26} = 0,8$ $i_7 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,4$
Четверта	$i_8 = \frac{\varphi^3}{1} = 1,26^3 = 2,0$ $i_9 = \frac{1}{\varphi^5} = \frac{1}{1,26^5} = 0,3$

Для подальших розрахунків приймаємо, що зубчасті передачі, які будуть входити в привід матимуть однаковий модуль m , а відстань між спряжуваними валами буде постійною.

Число зубців коліс визначаємо за відомою методикою [17]. Так для коліс, які дозволяють передати оберти між II та III валом обчислення проведемо за виразами:

$$i_{6-7} = \frac{1}{1,26^4} = 0,42$$

$$i_{5-8} = \frac{1}{1,26^2} = 0,68$$

Виходячи з умови, що міжосьова відстань при однаковому модулі зачеплення є постійною, отримаємо:

$$z_7 + z_7 = z_5 + z_8 = 2 \cdot z_0$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Виходячи з того, що $2 \cdot z_0 > 17$, приймаємо $2 \cdot z_0 = 3 \cdot 18 = 54$

Тоді:

$$i_{6-7} = \frac{16}{38}$$

$$i_{5-8} = \frac{22}{32}$$

Для інших передаточних відношень обчислення проводяться аналогічно, їх результати зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Розрахунок числа зубів коліс по ступеням

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

Для визначення реальних значень чисел обертів шпинделя обчислення проведемо в програмі Microsoft Excel, на рис. 3.3. приведено результати проведених обчислень.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1.	1450		27	16	17	19	39	=	40,0	10.	1450		27	22	32	82	39	=	2538,8								
			53	38	46	69	39									53	17	26	38	39							
2.	1450		27	16	17	82	39	=	250,0	11.	1450		27	22	27	19	39	=	192,1								
			53	38	46	38	39									53	17	37	69	39							
3.	1450		27	16	32	19	39	=	100,0	12.	1450		27	22	27	82	39	=	1505,3								
			53	38	26	69	39									53	17	37	38	39							
4.	1450		27	16	32	82	39	=	826,0	13.	1450		27	19	17	19	39	=	52,9								
			53	38	26	38	39									53	27	46	69	39							
5.	1450		27	16	27	19	39	=	62,5	14.	1450		27	19	17	82	39	=	414,5								
			53	38	37	69	39									53	27	46	38	39							
6.	1450		27	16	27	82	39	=	489,8	15.	1450		27	19	32	19	39	=	176,2								
			53	38	37	38	39									53	27	26	69	39							
7.	1450		27	22	17	19	39	=	97,3	16.	1450		27	19	32	82	39	=	1380,6								
			53	17	46	69	39									53	27	26	38	39							
8.	1450		27	22	17	82	39	=	762,3	17.	1450		27	19	27	19	39	=	104,5								
			53	17	46	38	39									53	27	37	69	39							
9.	1450		27	22	32	19	39	=	324,0	18.	1450		27	19	27	82	39	=	818,5								
			53	17	26	69	39									53	27	37	38	39							

Рис. 3.3. Розрахунок чисел зубів коліс по ступеням

Проведемо побудову графіку частот обертання, його загальний вигляд приведено на рис. 3.4.

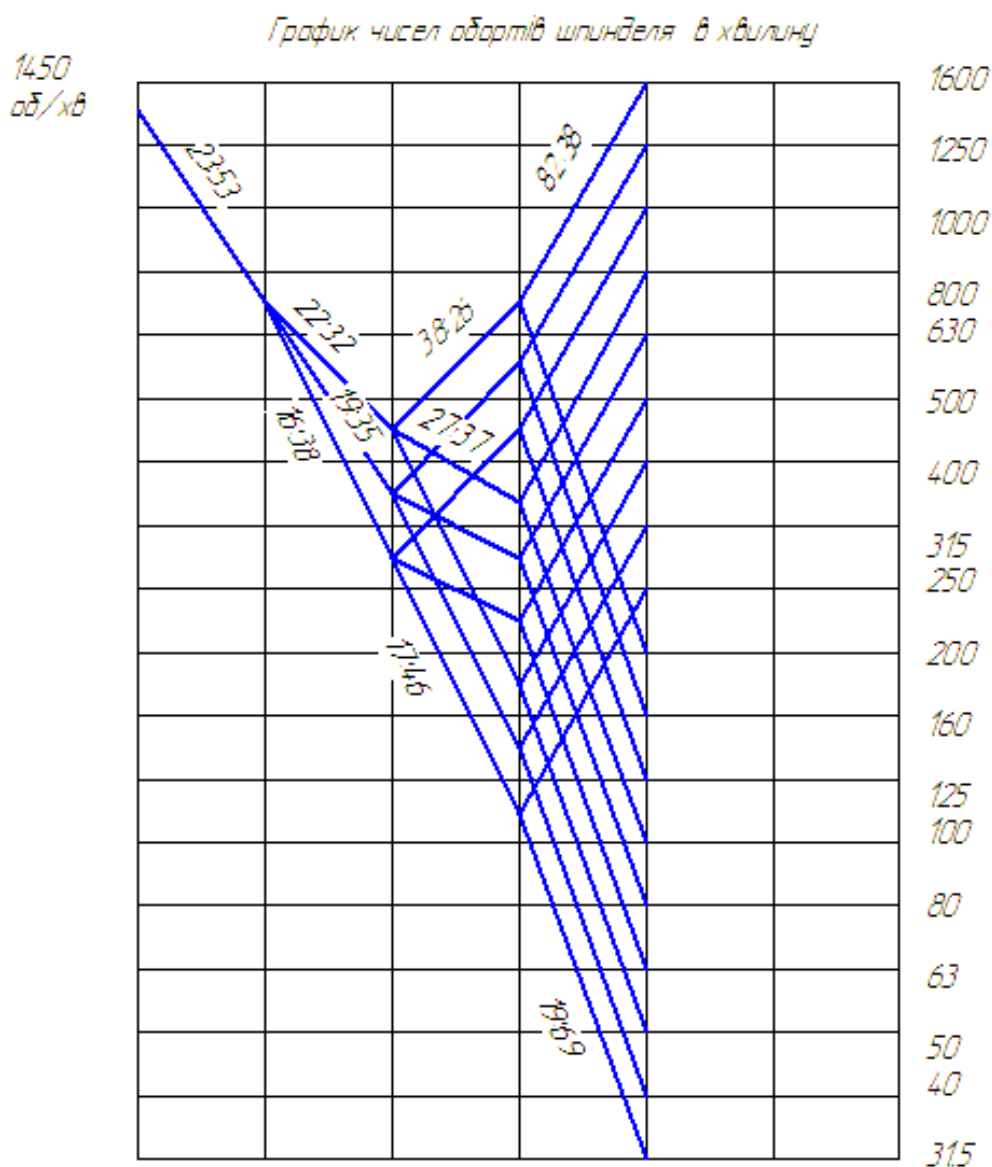


Рис. 3.4. Отриманий графік частот обертів для приводу верстату

На рис. 3.5. приведено фрагмент спроектованої кінематичної схеми, а саме приводу головного руху верстату.

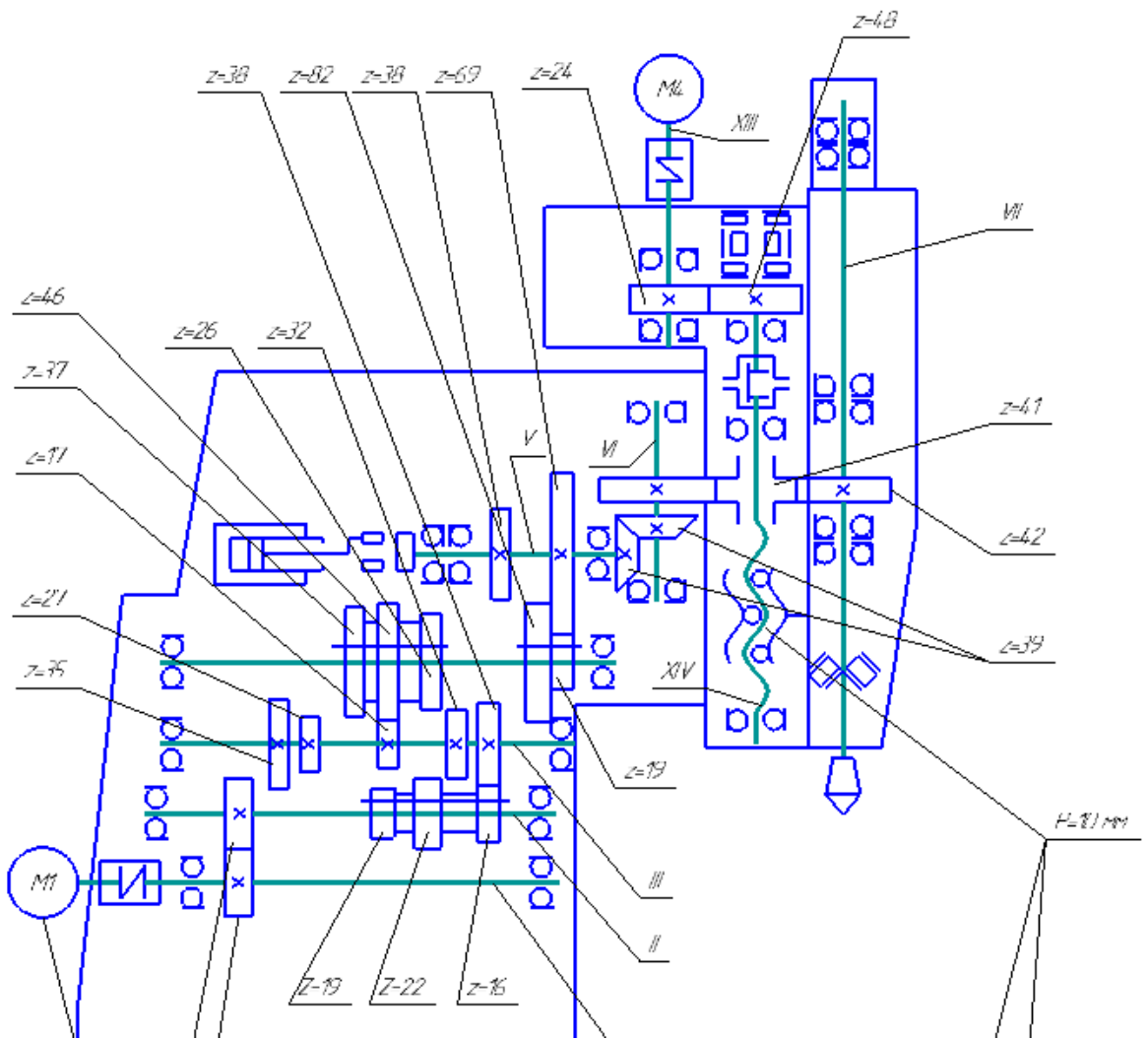


Рис. 3.5. Фрагмент кінематичної схеми приводу головного руху верстату

3.1.5 Визначення крутних моментів та швидкостей на валах приводу

Дані розрахунки дозволяють сформувати вихідні дані для визначення попередніх розмірів валів.

Орієнтовно діаметр валу визначаємо за виразом [15]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (3.8)$$

де $[\tau] = 23 \text{ Мпа}$ – граничне значення напруги кручення.

					КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для обчислення крутного моменту на валах скористаємось залежністю:

$$T_{\text{пр}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{м}}}{n_{\text{розр}}} \quad (3.9)$$

де $n_{\text{розр}}$ – розрахункова частота обертання валу.

$\eta_{\text{м}}$ – ККД ланцюга.

Для валу електродвигуна отримаємо:

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

Для розрахунку крутного моменту на інших валах приводу скористаємось залежністю:

$$T_{i+1} = \frac{T_i \cdot \eta_{\text{розр}}}{z_1/z_2} \quad (3.10)$$

В результаті обчислень отримаємо:

$$T_2 = \frac{71,7 \cdot 0,98}{23/53} = 162 \text{ Нм};$$

$$T_3 = \frac{162 \cdot 0,98}{16/38} = 377 \text{ Нм};$$

$$T_4 = \frac{377 \cdot 0,98}{38/26} = 253 \text{ Нм};$$

$$T_5 = \frac{253 \cdot 0,98}{19/69} = 900 \text{ Нм};$$

$$T_6 = \frac{900 \cdot 0,98}{39/39} = 882 \text{ Нм}$$

Відповідно розрахункові значення діаметрів будуть становити:

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

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{162 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 32,78 \text{ мм};$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{377 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 39,44 \text{ мм};$$

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{253 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 38,03 \text{ мм};$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 53,05 \text{ мм};$$

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{882 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 23}} = 52,66 \text{ мм}$$

Виходячи з рекомендацій та конструктивних міркувань приймаємо:

$$d_1 = 40 \text{ мм}; d_2 = 40 \text{ мм}; d_3 = 40 \text{ мм}; d_4 = 45 \text{ мм}; d_5 = 55 \text{ мм}; d_6 = 75 \text{ мм}.$$

3.1.6 Розрахунок модуля передач та параметрів зубчастих коліс

У відповідності до рекомендацій [15], обчислення проводяться для вітки передачі, що розміщується на 1/3 від нижньої вітки на графіку чисел обертів.

Вихідними даними для розрахунку будуть наступні числові значення:

$$T = 900 \text{ Нм}; \sigma = 350 \text{ МПа}; Z_1 = 19; Z_2 = 69; n = 125 \text{ об/хв}.$$

Тоді модуль передачі буде визначатися із умови міцності на згин [15]:

$$m = 12,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_{п}}{y \cdot Z_k \cdot \psi_m \cdot [\sigma]_n}} \quad (3.11)$$

Приймаємо наступні значення коефіцієнтів та проводимо обчислення:

$$K_{п} = 1,1; y = 0,284; \psi_m = 6; [\sigma]_n = 350$$

Тоді:

$$m = 12,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{766,5 \cdot 1,1}{0,284 \cdot 88 \cdot 6 \cdot 230}} = 3,18$$

У відповідності до стандартного ряду приймаємо $m = 4$.

Методика подальших розрахунків передбачає обчислення міжосьової відстані [15]:

$$A = 10 \cdot (U + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U \cdot [\sigma]_{под}}\right)^2 \cdot \frac{T_{об}}{\psi_m}} \quad (3.12)$$

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

коефіцієнт $[\sigma]_{\text{под}}$ слід обчислити за виразом:

$$[\sigma]_{\text{под}} = \sigma_{\text{к.д.}} \cdot K_{\text{к.реж}} \quad (3.13)$$

де $\sigma_{\text{к.д.}} = 900$ Мпа.

$$K_{\text{к.реж}} = 1,2 \cdot \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_0 \cdot P}{60 \cdot T_p \cdot n_p}} \quad (3.14)$$

Підставивши попередньо розраховані значення та прийняті коефіцієнти отримаємо:

$$K_{\text{к.реж}} = 1,2 \cdot \sqrt[6]{\frac{1,7 \cdot 10^8 \cdot 8,34}{60 \cdot 637 \cdot 130}} = 2,5$$

$$[\sigma]_{\text{под}} = 900 \cdot 2,5 = 2250 \text{ Мпа}$$

Тоді отримаємо розрахункове значення міжосьової відстані $A_{\text{розр}}$:

$$A_{\text{розр}} = A = 10 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{4 \cdot 2250}\right)^2 \cdot \frac{900}{0,15}} = 100,6 \text{ мм}$$

Використовувана методика передбачає визначення міжосьової відстані, яку отримано з модуля передачі [15]:

$$A_{IV} = \frac{m \cdot (z_1 + z_{II})}{2} \quad (3.15)$$

В результаті підстановки отримаємо:

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

Оскільки одержана значення $A_{IV} > A_{\text{розр}}$, то обране значення модуля m забезпечує працездатність передачі на згині напруги та контактну міцність.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Аналогічно розраховуємо міжосьові відстані між іншими валами з врахуванням прийнятого модуля $m = 4$.

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

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

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

У відповідності до методики розрахунку необхідно здійснити конструктивний розрахунок зубчастих коліс [15].

Особливості розрахунку розглянемо на прикладі передачі між II та III валом для шестерні $z_6 = 16$ та колесом $z_7 = 38$.

Попередній розрахунок дозволив визначити міжосьову відстань, для даної пари валів вона становить $A_{II} = 108$ мм.

Визначаємо значення ділільних діаметрів:

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta}; \\ d_2 &= \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta}; \end{aligned} \tag{3.16}$$

При відповідній підстановці отримаємо:

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{4 \cdot 16}{\cos 0} = 64 \text{ мм}; \\ d_2 &= \frac{4 \cdot 38}{\cos 0} = 152 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Діаметри виступів обчислюємо за виразами:

$$\begin{aligned} d_{a1} &= d_1 + 2 \cdot m; \\ d_{a2} &= d_2 + 2 \cdot m \end{aligned} \tag{3.17}$$

Їх розрахункові значення відповідно становлять:

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

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

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для того, щоб визначити діаметри западин, скористаємось формулами:

$$\begin{aligned}d_{f1} &= d_1 - 2,5 \cdot m; \\d_{f2} &= d_2 - 2,5 \cdot m\end{aligned}\tag{3.18}$$

При розрахунках отримаємо:

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

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

На наступному кроці слід розрахувати ширину колеса:

$$b = \psi_a \cdot a_w\tag{3.19}$$

Підставивши значення отримаємо:

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

Також слід розрахувати торцевий ступінь перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = [1,8 - 3,2(\frac{1}{z_6} + \frac{1}{z_7})] \cdot \cos \beta\tag{3.20}$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$\varepsilon_\alpha = [1,8 - 3,2(\frac{1}{16} + \frac{1}{38})] \cdot \cos 0 = 1,54$$

Розрахувати колову швидкість можна за виразом:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}\tag{3.21}$$

Підставивши відомі значення отримаємо:

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

На основі рекомендацій приймаємо ступінь точності колеса, рівну 7, а матеріал для колеса – Сталь 20Х.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.1.7 Силовий розрахунок валів та коліс

Для проведення силового розрахунку скористаємось програмою «TOOTH bending strength (ISO 6336-3)», на рис. 3.6 приведено приклад такого розрахунку для шестерні з $z_6 = 16$ та колеса $z_7 = 38$ з модулем $m = 4$.

SURFACE DURABILITY for pitting (ISO 6336-2)

	pinion	wheel	
number of teeth $z \geq 12$	16	38	
profile shift coeff. $x=V/m_n=0..0.5$	0.5	0.418	
E-modulus	206	206	GPa
module m	4		mm
pressure angle α	20		deg.
face width b	18		mm
contact stress $\sigma_{H \text{ lim}}$ (Tabel 4.6)	900		MPa
factor $\sigma_{HP} / \sigma_{H \text{ lim}} = (Z_{NT} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_X) / S_H$	0.92		
factor $\sigma_H / \sigma_{H0} = (K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha})^{1/2}$	1.6		
Solve Reset Print			
diameter $d=m \cdot z$	64	152	mm
diameter base circle $d_b=m \cdot z \cdot \cos(\alpha)$	60.1403277	142.833278	mm
diameter roll circle d_w	65.9749495	156.690505	mm
transmission ratio $i=z_2/z_1$, gear down $i>1$	2.375		
center distance a	111.3		mm
geometry factor Z_H	2.24087160		
elasticity factor Z_E	189.811700		MPa ^{1/2}
contact ratio ϵ_α	1.44646747		
contact ratio factor Z_ϵ	0.92259281		
permissible contact stress σ_{HP}	0.82800000		GPa
Roll pressure angle α_w	24.3		deg.
Tangential force $F_{t \text{ max}}$	1.40981776		kN
Maximum drive torque $T_{\text{max},1}$	46.5063278		Nm

www.tribology-abc.com

Рис. 3.6. Приклад проведеного силового розрахунку передачі

3.2 Проектування та розрахунок пристрою для обробки шпоночних пазів

3.2.1 Опис пристрою та принцип його дії

Проектований пристрій дозволяє здійснити установку та деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» на столі фрезерного верстату та здійснити обробку шпоночних пазів.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Конструктивно він складається з нижньої та верхньої плити, які з'єднані між собою двома стійками (рис. 3.7). На верхній плиті є дві закріплені призми, чотири кронштейни та торцевий упор. До кронштейнів прикріплені важелі, які приводяться в дію пневмоциліндром.

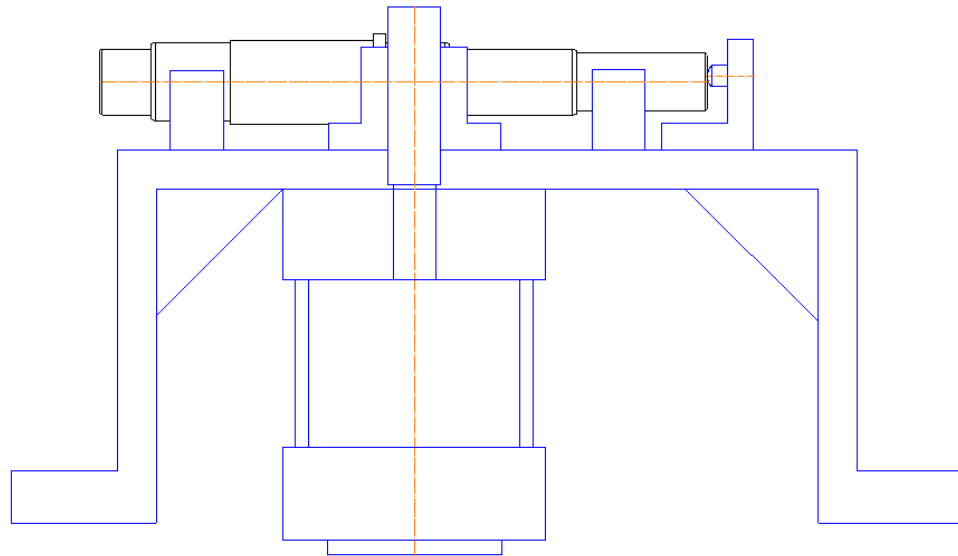


Рис. 3.7. Конструктивна схема пристрою

Даний пристрій кріпиться до столу верстату за допомогою установчих шпонок та двох верстатних болтів.

Для обробки деталь встановлюється на дві призми (на діаметри $\varnothing 70h9$ та $\varnothing 48h6$) з упором в торець. Після чого приводиться в дію пневмоциліндр, його шток рухається до низу, що спричиняє затиск деталі. При знятті деталі повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра, під дією якого шток рухається вгору, важелі підіймаються і деталь знімається.

3.2.2 Розрахунок точності базування заготовки

Для забезпечення точності обробки шпонкового пазу слід застосувати схему базування, яка позбавляє заготовку п'яти ступенів свободи [19].

Деталь «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» базується на дві призми з упором в торець (рис. 3.8), це позбавляє її чотирьох ступенів вільності.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Використання торцевого упору позбавляє деталь переміщення в повздовжньому напрямку. Сила затиску деталі запобігає її повороту навколо центральної осі.

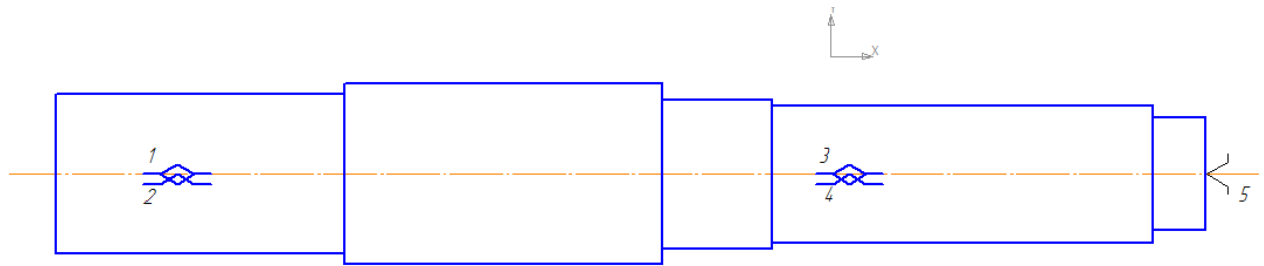


Рис. 3.8. Принципова схема базування заготовки

Розрахуємо похибку базування при установці в призми, розрахункова схема приведена на рис. 3.9.

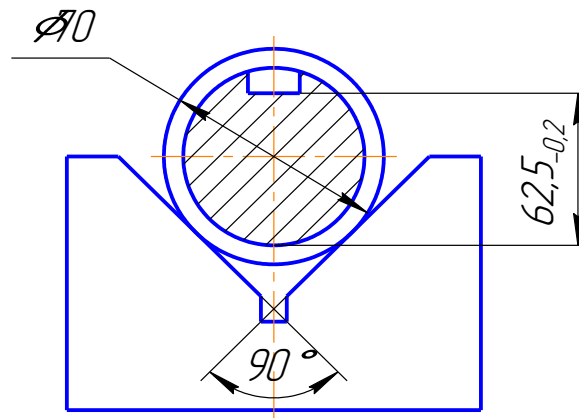


Рис. 3.9. Закріплення заготовки в призмі

Величина похибки обчислюється за виразом [19]:

$$E_B = \frac{\delta}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right) \quad (3.22)$$

де: δ - допуск на діаметр циліндричної поверхні;

α - кут призми: $\alpha = 90^\circ$

Поверхня $\varnothing 70h11 = \varnothing 70 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,190 \end{smallmatrix} \right)$.

Допуск $Td_1 = 0,19$ мм.

Після підстановки отримаємо:

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$E_B = \frac{0,19}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin 90/2} - 1 \right) = 0,039 \text{ мм}$$

Допуск на цей розмір буде становити 0,2 мм.

Оскільки $0,2 > 0,039$, то обробка можлива.

Інша поверхня, по якій здійснюється базування:

$$\varnothing 48h11 = \varnothing 48 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,160 \end{pmatrix}$$

Допуск $Td_1 = 0,16$ мм

$$E_B = \frac{0,16}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin 90/2} - 1 \right) = 0,033 \text{ мм}$$

Допуск на цей розмір буде становити 0,2 мм.

Оскільки $0,2 > 0,033$, то обробка можлива.

3.2.3 Розрахунок сили затиску заготовки

В процесі обробки пазів на заготовку діють сили які намагаються зсунути деталь (рис. 3.10). Сили тертя запобігають зміщенню деталі, вони, як правило, виникають в місцях контакту заготовки з опорними поверхнями та в місцях затиску.

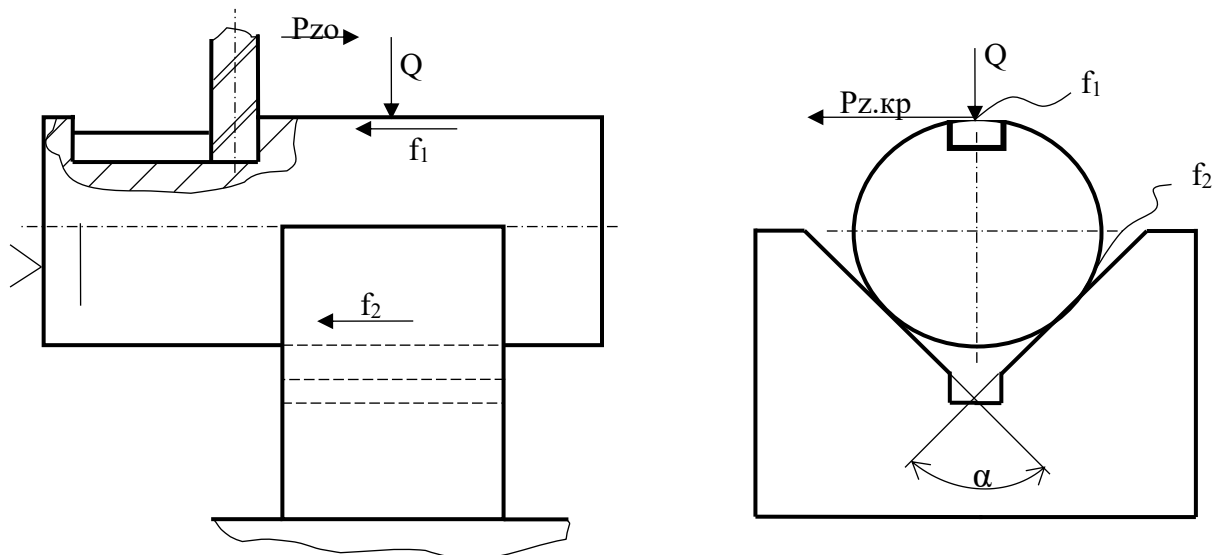


Рис. 3.10. розрахункова схема дії сил

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

На основі попередніх розрахунків ми визначили силу різання $P = 23 \text{ Н}$.

Тоді сила затиску визначається із виразу [19]:

$$Q_1 = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2} \quad (3.23)$$

де: f_1, f_2 - коефіцієнти тертя;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,3$.

Після підстановки отримаємо:

$$Q_1 = \frac{1,3 \cdot 223}{0,15 + 0,15} = 966 \text{ Н}$$

Для важелів передаточне число буде становити 0,6.

Тоді сила затиску заготовки буде становити:

$$Q = Q_1 / 0,6 \quad (3.24)$$

$$Q = \frac{966}{0,6} = 1610 \text{ Н.}$$

На наступному етапі визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.25)$$

де: p – тиск повітря в системі, приймаємо $p = 0,4 \text{ МПа}$;

η - ККД пневмоциліндра, задаємось $\eta = 0,85$.

Тоді отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1610}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 77,67 \text{ мм}$$

На основі даного розрахунку приймаємо значення діаметру пневмоциліндра зі стандартного ряду: $D = 80 \text{ мм}$.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Тоді величина дійсного зусилля затиску пневмоциліндра буде становити:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta \quad (3.26)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 1708 \text{ Н}$$

3.2.4 Запропонована конструкція пристрою для обробки шпоночних пазів

На рис. 3.11 приведено розроблену конструкцію пристрою для обробки шпоночних пазів, який має кріпитися на столі фрезерного верстату.

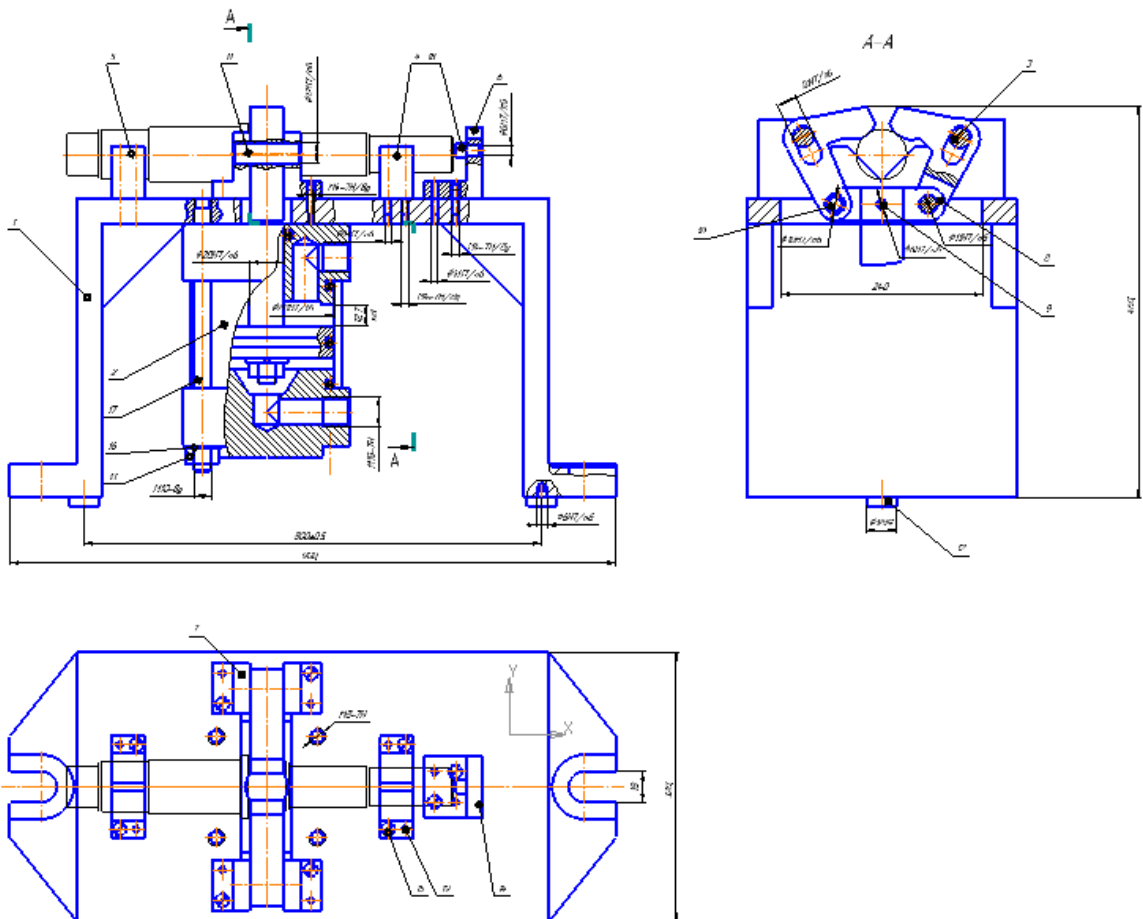


Рис. 3.11. Конструкція пристрою для обробки шпоночних пазів

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3.3 Розробка конструкції пристрою для активного контролю поверхонь валу після обробки на шліфувальному верстаті

На підприємствах машинобудівного профілю можуть використовуватися засоби активного контролю. При такому виді контролю вимірювання розмірів контрольованої деталі повністю або частково замінені діями механізмів вимірювальних пристроїв. Це дозволяє суттєво скоротити час на виконання операції Контрольна, а також усунути суб'єктивну оцінку якості деталі.

Для контролю якості обробки деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» пропонується конструкція приладу активного контролю сигнального типу. Пропонована конструкція дозволяє оператору отримати інформацію про степінь придатності деталі. До складу пристрою входять сигнальні індикатори, які дозволяють оцінити відповідність контрольованого розміру визначеним вимогам. В залежності від реального стану контрольованої поверхні може подати світловий сигнал один із трьох індикаторів: «Деталь придатна», «Брак виправний», «Брак невикорисний».

На рис. 3.12 приведено конструкція пристосування для активного контролю.

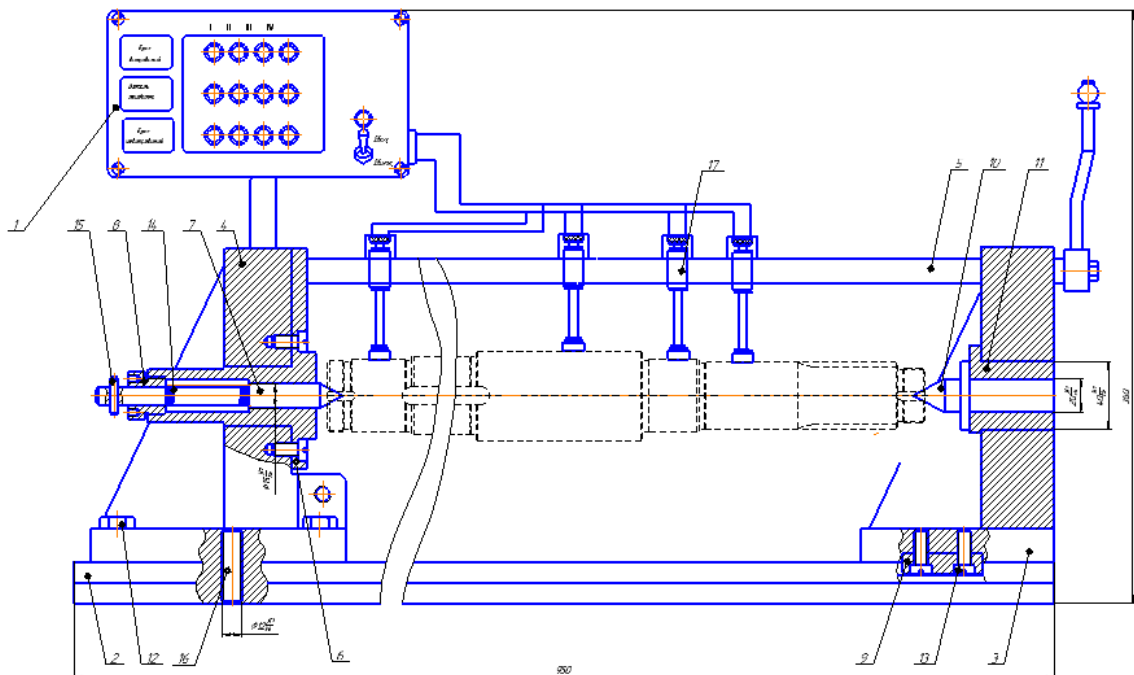


Рис. 3.12. Конструкція пристосування для активного контролю

					КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Запропонований пристрій складається з плити 2, до якої кріпиться права 3 та ліва 4 опори. Відстань між опорами можна регулювати в залежності від розміщення на плиті.

До опор кріпляться направляючі втулки 6 та 11, на них відповідно кріпляться конуси 7 та 10 відповідно. Для надійного кріплення валу використовують підпружинений обертовий конус 7. Для підпружинення застосовують циліндричну пружину 14.

Процес контролю передбачає обертання валу, при цьому від давачів 16 потрапляє на пристрій індикації 1. Для кріплення давачів використовується направляюча вісь 5. Якщо контрольований розмір відноситься до браку виправного, то на блоці індикації загорається відповідна лампочка, якщо розмір придатний, то горить лампочка «Деталь придатна», якщо розмір виправити неможливо – то загорається лампочка «Брак невиправний».

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Інструкція по охороні праці при роботі на верстаті з ЧПК

Перед тим як приступити до роботи на обладнання робітник повинен ознайомитись та вивчити інструкцію по охороні праці при роботі на верстаті з ЧПК [20, 21].

1.1. До самостійної роботи на верстаті з ЧПК допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, мають посвідчення на право роботи на дорученому їм обладнанні, пройшли інструктаж по охороні праці, навчання по безпечних методах роботи і стажування протягом двох змін.

1.2. Щоквартально працівники проходять повторний інструктаж з охорони праці.

1.3. При поломці обладнання необхідно припинити роботу, виключити верстат і повідомити керівника.

1.4. Перед початком роботи необхідно провести зовнішній огляд верстату, переконатись в його справності, а саме:

- а) загороджень, трапу, електроапаратури, пристроїв заземлення;
- б) засобів кріплення інструменту;
- в) пристроїв гідроапаратури.

1.5. Переконатися у справності різального інструменту;

1.6. Перевірити на холостому ході:

- а) справність органів керування;
- б) справність системи змащування;
- в) справність важелів перемикачів;
- г) відсутність заїдання чи слабинки в рухомих частинах верстату, особливо в шпинделі, висувній пінолі, в поздовжніх і поперечних направляючих.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сущиньов Ю.Ю.</i>			БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		
<i>Перевір.</i>		<i>Окіпний І.Б.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						48	6
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		

д) перевірити гідроапаратуру і рівень масла по індикатору;

е) при виявленні на металевих частинах верстату напруги - негайно зупинити верстат.

1.7. Під час роботи не можна нахилитись близько до зони різання.

1.8. Необхідно надійно і правильно закріпити заготовку спеціальними засобами.

1.9. Встановлення і знімання деталей проводити після вимкнення верстату.

1.10. Встановлювати і знімати деталі та пристрої з верстату вагою більше 16 кг тільки з допомогою підймальних механізмів.

1.11. Слід відрегулювати освітленість робочої зони і пульт керування верстатом.

1.12. У випадку зношення чи поломки інструменту необхідно вимкнути робочу подачу і обертання шпинделя.

1.13. При обробці крихких матеріалів заборонено працювати без щитка чи захисних окулярів.

1.14. При швидкісній обробці заборонено працювати без щитка чи захисних окулярів.

1.15. Підводити інструмент до деталі в ручному режимі плавно без ударів.

1.16. Не перемикати число обертів шпинделя чи подачі під час роботи верстату.

1.17. Не проводити вимірювання і контроль деталі під час роботи верстату.

1.18. Не знімати стружку з деталі чи столу, інструмент під час роботи верстату.

1.19. Перед зупинкою верстату відвести інструмент від заготовки.

1.20. В разі аварійної ситуації слід вимкнути верстат.

1.21. Необхідно повішати табличку про його несправність і повідомити майстра.

1.22. Не можна приступати до роботи на верстаті до повного усунення несправностей.

1.23. При отриманні травми слід негайно повідомити майстра.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

1.24. По закінченні роботи слід вимкнути верстат, дочекатись його повної зупинки. Навести порядок на робочому місці.

1.25. Прибирання відходів слід проводити щіткою. Недопустиме обдування верстату стиснутим повітрям.

1.26. Про всі виявлені недоліки слід повідомляти майстра.

4.2 Ультразвук та інфразвук і його вплив на організм людини

На ділянці допустимі рівні ультразвуку в місцях контакту частин тіла оператора з робочими органами машин не повинні перевищувати 110 дБ [22].

За умови сумарної дії ультразвуку від 1 до 4 год за зміну нормативне значення допускається збільшити на 6 дБ, при впливі від 1/4 до 1 год — на 12 дБ, від 5 до 15 хв — на 18 дБ, від 1 до 5 хв — на 24 дБ.

При вимірюванні ультразвуку вимірювальну точку беруть на рівні голови людини на відстані 5 см від вуха. Мікрофон повинен бути спрямований в сторону джерела ультразвуку і віддалений не менше, ніж на 0,5 м від людини, котра здійснює вимірювання.

До складу вимірювальної апаратури входить мікрофон, 1/3 октавні фільтри та вимірювальний прилад зі стандартними часовими характеристиками.

При вимірюванні рівнів ультразвуку в місці контакту з твердим середовищем замість мікрофона використовується давач ультргедукових коливань.

При визначенні ультразвукових характеристик ультразвукового обладнання вимірювання виконуються в контрольних точках на висоті 1,5 м від підлоги, на відстані 5 м від контура обладнання і не менше 2 м від оточуючих поверхонь. Число контрольних точок повинно бути не менше чотирьох, а відстань між ними не повинна перевищувати 1 м.

Для захисту від ультразвуку, котрий передається через повітря, застосовується метод звукоізоляції. Звукоізоляція ефективна в області високих частот. Між обладнанням та працівниками можна встановлювати екрани.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Ультразвукові установки можна розташовувати в спеціальних приміщеннях. Ефективним засобом захисту є використання кабін з дистанційним керуванням, розташування обладнання в звукоізованих укриттях. Для укриттів використовують сталь, дюралюміній, оргскло, текстоліт, личковані звукопоглинальними матеріалами.

Звукоізолювальні кожухи на ультразвуковому обладнанні повинні мати блокувальну систему, котра вимикає перетворювачі при порушенні герметичності кожуха.

У випадку дії ультразвуку захист забезпечується засобами віброізоляції. Використовують віброізолювальні покриття, гумові рукавиці, гумові килимки.

Інфразвук – це коливання в повітрі, в рідкому або твердому стані середовищах з частотою менше 16 Гц.

Інфразвук людини не чує, однак відчуває руйнівну дію на організм людини. Високий рівень інфразвуку викликає порушення функції вестибулярного апарату, зумовлює запаморочення, біль голови. Знижується увага, працездатності. Виникає почуття страху, загальна немічність. Існує думка, що інфразвук сильно впливає на психіку людини.

Всі механізми, котрі працюють при частотах обертання менш 20 об/с, випромінюють інфразвук. При русі автомобіля швидкістю понад 100 км/год він є джерелом інфразвуку, утворюються за рахунок зриву повітряного потоку з його поверхонь. В машинобудівній галузі інфразвук виникає при роботі вентиляторів, компресорів, двигунів внутрішнього згоряння дизельних двигунів.

Згідно діючими нормами документами рівні звукового тиску в октанових сумах з середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16, Гц повинен бути не більше 105 дБ, а для смух з частотами 32 Гц – не більше 102дБ. Практично не можливо зупинити інфразвук за допомогою будівельних конструкцій на шляху його поширення. Неefективні також засоби індивідуального захисту. Дієвим засобом захисту є зниження рівня інфразвуку в джерелі його випромінювання. Серед таких заходів можна виділити наступне:

- збільшення частот обертання валів до 20 і більше обертів в секунду.
- підвищення жорсткості коливних конструкцій великих розмірів.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- усунення низькочастотних вібрацій.
- внесення конструктивних змін в будову джерел, що дозволяє перейти з області інфразвукових коливань в область звукових.

Ультразвук широко використовується в багатьох галузях промисловості. Джерелом ультразвуку є генератори, котрі працюють в діапазоні частот 12 до 22 кГц для обробки рідких розплавів, в апаратах для очищення газів. В гальванічних цехах ультразвук виникає під час роботи очищувальних та знежирювальних ванн. Його вплив постерігається на віддалі 25-50 м від обладнання. При завантаженні чи розвантажуванні деталей має місце контактний вплив ультразвуку.

Ультразвукові генератори використовуються також при плазмовому дифузійному зварюванні, при напилюванні металів.

Ультразвук високої інтенсивності виникає під час видалення забруднень, при хімічному травленні, обдуванні струменем стисненого повітря при очищенні деталей, при збиранні.

Під час промивання та знежирення деталей використовуються ультразвук в діапазоні від 16 до 44 кГц інтенсивністю до $(6-7)10^4$ Вт/м², при контролі складальних з'єднань – в діапазоні частот понад 80 кГц.

Ультразвук викликає функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміни кров'яного тиску та складу і властивостей крові, викликає втрату слухової чутливості, підвищує втомленість.

Ультразвук впливає на людину через повітря, а також через рідке і тверде середовище.

Ультразвук коливання поширюється у всіх загаданих вище середовищах з частотою понад 16000 Гц.

4.3 Заходи по покращенню умов праці

Із застосуванням нових прогресивних технологій, нових методів і засобів обробки, намагаються покращити умови праці працівників, що задіяні на даній

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

дільниці. Виходячи із цього умови праці на робочих місцях при проектуванні даного технологічного обладнання і даної дільниці проектуємо за рахунок впровадження і вдосконалення наступних факторів:

- забезпечення необхідного повітрообміну у виробничих приміщеннях, яке забезпечується правильним встановленням витяжної вентиляції в цеху;
- ізоляції небезпечних технологічних процесів, застосування засобів індивідуального захисту;
- заміна небезпечного виробничого обладнання більш безпечним (заміна універсальних верстатів на верстати із автоматичним циклом роботи, що в свою чергу зменшує втомлюваність робітника);
- удосконалення на дільниці огорожень і блокувань;
- застосування запобіжних пристосувань, запобіжних і скидних клапанів в системах підвищеного тиску газів;
- вдосконалення органів керування (ручки, важелі, тощо);
- періодичність своєчасних перевірок і випробувань обладнання і електроустановок;
- удосконаленні колективних і індивідуальних засобів захисту робітників;
- раціональне освітлення робочих місць і робочих зон;
- забезпечення нормативних значень температури, відносної вологості, а також швидкості руху повітря за рахунок встановлення кондиціонерів повітря;
- зменшення шуму на робочих місцях шляхом балансування обертових частин обладнання, застосування неметалевих елементів в конструкціях механізмів;
- акустична обробка стін дільниці для зменшення шумів;
- зменшення вібрацій обладнання за рахунок балансування деталей обладнання;
- зниження монотонної важкої праці за рахунок автоматичного обладнання;
- забезпечення правильного режиму праці робітників;
- правильне пофарбування стін, стелі, що заспокійливо діє на людей і частково зменшує психологічне навантаження.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ВИСНОВКИ

В першій частині кваліфікаційної роботи проведено аналіз виданого завдання, що стосувалось обробки деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм». Заготовка для даної деталі отримується методом гарячого об'ємного штампування. Базовий ТП містив ряд недоліків, які були усунені застосуванням більш продуктивного обладнання, а саме верстатів з ЧПК.

Здійснено літературний огляд, в якому наведені праці, що стосуються обробки деталей типу вал, а також інструментального забезпечення при цьому.

В другому розділі запропоновано власний ТП обробки деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм». Проведені аналітичні розрахунки режимів різання для операції шпонко-фрезерна. З використанням програми Walter розраховано режими різання на обробку поверхні $\varnothing 65k6$. Виходячи з характеристик оброблюваного матеріалу, а також режимів обробки здійснено підбір різального інструменту.

В конструкторській частині кваліфікаційної роботи проведено кінематичний розрахунок приводу головного руху фрезерного верстату. побудовані структурна формула та графік чисел обертів.

Також здійснено конструктивну розробку пристрою для закріплення деталі «Великогабаритний вал $\varnothing 82 \times 770$ мм» на столі фрезерного верстату.

В четвертій частині проекту вирішені питання, що стосуються безпеки життєдіяльності та охорони праці. Розроблено інструкцію по безпечній роботі на верстатах з ЧПК, розглянуто вплив ультразвуку та інфразвуку на працівника. Також запропоновані заходи по покращенню умов праці.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сциньов Ю.Ю.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бухавець В.М.</i>				<i>54</i>	<i>1</i>
<i>Реценз.</i>					<i>ВИСНОВКИ</i> <i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i> <i>гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>					

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гринько Т. В. Проблеми та перспективи розвитку машинобудівного комплексу України / Т.В. Гринько // Інвестиції: практика та досвід.- 2013.- №5. – С.33-36.
2. 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>
3. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
4. Кузнецов Ю. М. Майбутнє верстатобудування України – серцевини машинобудування в умовах INDUSTRY-4.0 / Ю. М. Кузнецов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування», 11-12 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 15–18.
5. Іванов В. О. Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв : навчальний посібник / В. О. Іванов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 203 с.
6. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.
7. Складання класифікаційних характеристик виробів за класифікатором ЄСКД [Електронний ресурс] : навч. посіб. / уклад.: Т. М. Надкернична, О. О. Лебедева. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 116 с.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Сциньов Ю.Ю.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Бухавець В.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
					55	3	
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		

8. 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>.

9. Карпусь В. Є. Ефективне використання верстатів з ЧПК у авіаційному агрегатобудуванні / В. Є. Карпусь, В. О. Границя. – Харків : ДП ХМЗ «ФЕД», 2009. – 228 с.

10. Луців І. В., Волошин В. Н., Буховець В. М. Комп'ютерне моделювання складових самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2012.– Випуск 746. – С.28 – 31.

11. Луців І. В. Комп'ютерний аналіз підсистем затиску та самоналагоджувального оснащення для багатолезової обробки адаптивного типу / І. В. Луців, В. Н. Волошин, В. М. Буховець // Науковий Вісник Херсонської державної морської академії, №2 (9) Херсон, 2013, с. 183-190.

12. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.

13. Державки с клиновым прихватом для тригональных пластин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3601316&fnum=287&mapp=IS&app=44&GFSTYP=m&isoD=1&lang=HK#>

14. Цільні твердосплавні фрези з 3 канавками з кутом нахилу спіралі 38° [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=940&mapp=ML&app=69&GFSTYP=M>.

15. 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.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

16. 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.

17. Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів. Методичні вказівки до виконання лабораторних та розрахунково-графічної робіт з дисципліни «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів» для студентів за напрямом підготовки 133 – Галузеве машинобудування денної форми навчання / Укл.: Кальченко В. І., Кологойда А. В., Следнікова О. С. Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 111 с.

18. TOOTH bending strength (ISO 6336-3) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.tribology-abc.com/calculators/e2_6b.htm.

19. Григурко І. О., Анастасенко С. М., Будуров В. Л. Проектування технологічного оснащення (практикум) : Навчальний посібник – Львів: «Новий світ -2000» с. 220.

20. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.

21. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.

22. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : практикум / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, І. В. Заюков, С. В. Королевська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 99 с.

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>58</i>

ДОДАТОК А

Таблиця А1. Запропонований технологічний процес

Хід технологічного процесу	Обладнання	Технологічні бази
1	2	3
005 Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати 2 торці одночасно з 2-х сторін в розмір 770 мм 2. Центрувати 2 торці одночасно з 2-х сторін витримуючи розмір $\varnothing 6,3$; $\varnothing 13,2$; 5,98 мм; $\angle 60^\circ$;	2Г942	Лівий торець, $\varnothing 52,4$, $\varnothing 63,4$
010 Токарна з ЧПК 1. Підрізати торці $\varnothing 82h9/\varnothing 65k6$ і $\varnothing 65/\varnothing 59h9$ та $\varnothing 59/\varnothing 48$ начорно і начисто витримуючи відповідно розмір 51 мм, 227 мм та 25 мм; 2. Точити поверхні $\varnothing 85,6$, $\varnothing 69,4$, $\varnothing 63,4$ начорно і начисто, відповідно в розмір $\varnothing 80h9$, $\varnothing 65k6$, $\varnothing 59h9$, на довжину 214 мм, 73 мм, 227 мм; 3. Точити фаску $2 \times 45^\circ$ 4. Точити фаску $2 \times 15^\circ$ 5. Точити 2 фасонні поверхні витримуючи розміри R1,5.	16A20Ф3	Центрові отвори $\varnothing 6,3$ тип А пов. $\varnothing 48h6$
015 Токарна з ЧПК 1. Підрізати торці $\varnothing 80h9/\varnothing 69h9$ і $\varnothing 69/\varnothing 65k6$, витримуючи розмір 58 мм і 75 мм; 2. Точити поверхні $\varnothing 75,4$, $\varnothing 69,4$ начорно і начисто, відповідно в розмір $\varnothing 69h9$, $\varnothing 65k6$ на довжину 58 мм, 75 мм; 3. Точити фаску $1,6 \times 45^\circ$; 4. Точити 2 фаски $1 \times 45^\circ$; 5. Точити 2 фасонні поверхні витримуючи розмір R0.5, R2 мм;	16A20Ф3	Центрові отвори $\varnothing 6,3$ тип А, пов. $\varnothing 55k6$
020 Шпонково-фрезерна 1. Фрезерувати паз $B=16$ витримати розміри креслення	ГФ2171С5	Поверхні $\varnothing 48h6$, $\varnothing 65h9$, лівий торець
025 Шліцефрезерна Фрезерувати 8 шліців в розмір $D - 8 \times 52 \times 60f7 \times 143d9$	5350	Центрові отвори $\varnothing 6,3$ тип А, $\varnothing 48h6$, $\varnothing 65h9$
030 Токарна з ЧПК 1. Нарізати різь М64 за 6 проходів 2. Нарізати різь М48 за 4 проходи	16A20Ф3	Центрові отвори $\varnothing 6,3$ тип А, $\varnothing 48h6$, $\varnothing 65h9$
035 Термічна	Піч термічна	
040 Круглошліфувальна 1. Шліфувати 2 поверхні $\varnothing 65k6$ начорно, начисто витримуючи розмір 73,4 мм	3Б161	Центрові отвори
050 Мийна	Мийна машина	
055 Контрольна	Стіл контрольний	

					КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ	Арк. 59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Calculation formular for turning

Speed

$$n = \frac{v_c \times 1000}{D_c \times \pi} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Cutting speed

$$v_c = \frac{D_c \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Feed rate

$$v_f = n \times f \quad [\text{mm/min}]$$

Metal removal rate

$$Q = v_c \times a_p \times f \left(1 - \frac{a_p}{U_c}\right) \quad [\text{cm}^3/\text{min}]$$

Chip cross section

$$A = h \times b = a_p \times f \quad [\text{mm}^2]$$

Chip width, chip thickness

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa} \quad [\text{mm}] \quad h = f \times \sin \kappa \quad [\text{mm}]$$

Main cutting force

$$F_c = A \times k_{c1.1} \times h^{-m_c} \quad [\text{N}]$$

Specific cutting force

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}}$$

Power requirement

$$P_{\text{mot}} = \frac{Q \times k_c}{60000 \times \eta} \quad [\text{kW}]$$

Cutting time

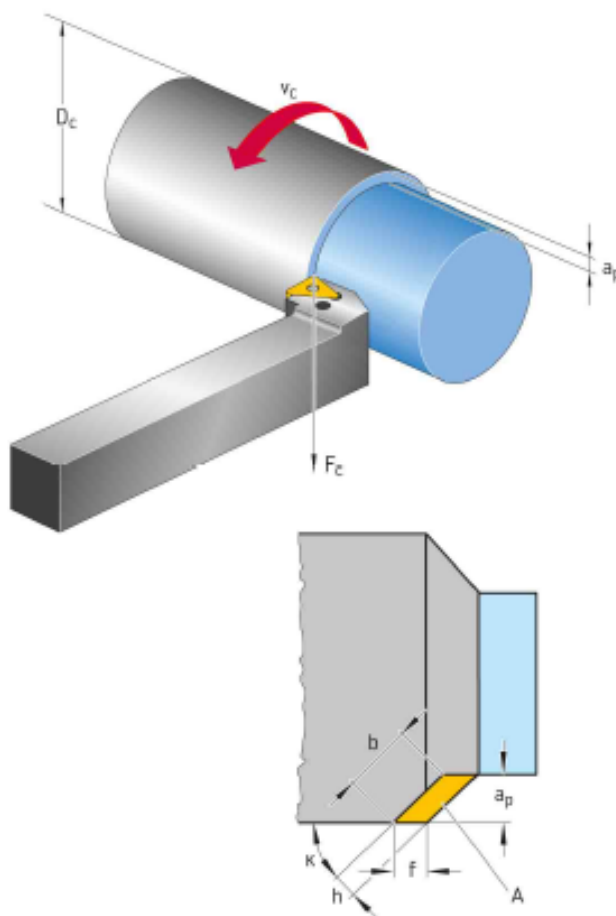
$$t_h = \frac{l_m}{f \times n} \quad [\text{min}]$$

Roughness profile depth

$$R_{\text{max}} = \frac{f^2}{8 \times r} \times 1000 \quad [\mu\text{m}]$$

Uncoiled turning length

$$l_c = \frac{D_c \times \pi}{1000} \times \frac{l_m}{f} \quad [\text{m}]$$



n	Speed	rpm
D _c	Cutting diameter	mm
v _c	Cutting speed	m/min
v _f	Feed rate	mm/min
f	Feed per revolution	mm
Q	Metal removal rate	cm ³ /min
a _p	Depth of cut	mm
A	Chip cross section	mm ²
h	Chip thickness	mm
b	Chip width	mm
κ	Approach angle	°
F _c	Main cutting power	N
k _{c1.1} *	Specific cutting force for 1 mm ² chip cross section	N/mm ²
m _c *	Increase in the k _c curve	
P _{mot}	Power requirement	kW
t _h	Cutting time	min
l _m	Length of cut	mm
R _{max}	Roughness profile depth	μm
r	Corner radius of the insert	mm
η	Machine efficiency	(0.75 – 0.9)

*m_c and k_{c1.1} see table on page

Рис. Б.1. Формули обчислення при токарній обробці

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ

Cutting forces of Walter machining groups

Description	Tensile strength		Spec. cutting force	Increase value	Walter machining group
	min	max			
	R_m [N/mm ²]		$k_{c1,1}$ [N/mm ²]	m_c	
Non-alloyed and low-alloyed steels, C > 0.25 %, low and medium strength	350	750	1500	0,21	P1, P6
Unalloyed and low-alloyed steels, C > 0.55 %, not tempered	400	900	1700	0,25	P2, P3, P4, P7, P14
Low and high-alloyed steels, low tempering level	750	1100	2000	0,25	P5, P8, P11, P12
Stainless ferritic / martensitic steels, tempered	800	1400	2200	0,25	P15
Low and high-alloyed steels, medium tempering level	1100	1400	2500	0,25	P9
Low and high-alloyed steels, high tempering level	1200	1600	3000	0,25	P10, P13
Stainless, austenitic steels	400	900	1800	0,21	M1
Stainless, austenitic/ferritic steel + duplex	600	1000	2000	0,21	M3
Stainless, austenitic steels, precipitation hardened (PH steels)	700	1500	2400	0,21	M2
Grey cast iron + CGI + malleable cast iron, low tensile strength	200	400	800	0,28	K1, K3, K7
Ductile cast iron low tensile strength + malleable cast iron with higher tensile strength	400	600	950	0,28	K2, K5
Grey cast iron with higher tensile strength	300	400	1200	0,28	K4
Ductile cast iron with high tensile strength + ADI high tensile strength, unalloyed + alloyed	600	800	1400	0,28	K6
Aluminium wrought alloy, not hardened			350	0,25	N1
Aluminium wrought alloy, hardened			600	0,25	N2
Cast aluminium alloy < 12 % Si, not hardened			600	0,25	N3
Cast aluminium alloy < 12 % Si, hardened, cast aluminium alloy ≥ 12 %			700	0,25	N4, N5
Pure copper, copper alloy (brass, bronze) with low tensile strength			550	0,25	N7, N8, N9
High tensile strength copper alloy, bronze with high tensile strength			1000	0,25	N10
Heat-resistant alloys, iron-based, annealed			2400	0,25	S1
Heat-resistant alloys, iron-based, hardened			2500	0,25	S2
Pure titanium			1300	0,25	S6
Titanium alloys, alpha, alpha/beta and beta alloys			1500	0,25	S7, S8
Heat-resistant alloys, nickel-cobalt-based, annealed			2800	0,25	S3
Heat-resistant alloys, nickel-cobalt-based, hardened			2900	0,25	S4
Heat-resistant alloys, nickel-cobalt-based, cast			3000	0,25	S5
Hardened steels 46 – 52 HRC			3000	0,25	H1
Hardened steels 52 – 58 HRC			3700	0,25	H2
Hardened steels 58 – 62 HRC			4300	0,25	H3
Hardened cast iron 50 – 60 HRC			3500	0,25	H4
Thermoplasts and duroplasts, without abrasive fillers			150	0,2	O1, O2
Fibre-reinforced plastics			300	0,3	O3, O4, O5
Graphite			400	0,25	O6

Рис. Б.2. Показники для розрахунку сили різання

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Технічні характеристики фрезерно-центрово-обточувального верстата 2Г942

Найменування параметру	2Г942
Основні параметри верстата	
Клас точності верстата	Н
Межі довжини оброблюваних деталей, мм:	100..1000
Межі діаметрів деталей, що встановлюються в лещатах, мм:	20..160
Найбільше зусилля затиску деталі, Н	25500
Висота центрів над станиною, мм	
Висота центрів над підлогою, мм	
Свердлильні головки	
Найбільший поперечний загальний хід, мм	
Кількість швидкостей фрезерного шпинделя: об/хв	6
Межі частот обертання фрезерного шпинделя: об/хв	125..712
Межі подач фрезерного шпинделя, мм/хв.	20..2000
Найбільший діаметр встановлюваної фрези, мм	160
Прискорений хід поздовжній, м/хв.	6,0
Прискорений перебіг хід, м/хв	4,5
Діаметр та конус отвору під фрезу	
Найбільший діаметр фрезерування, мм	150
Свердлильні головки	
Хід пінолі свердлильного шпинделя, мм	100
Найбільший поперечний загальний хід, мм	
Кількість швидкостей свердлильного шпинделя: об/хв	6
Межі частот обертання свердлильного шпинделя: об/хв	290..2300
Межі подач свердлильного шпинделя, мм/хв.	20..2000
Межі діаметрів установлюваних центрувань, мм	3,15..10,12
Діаметр отвору під свердло, мм	
Найбільший діаметр свердління, мм	16
Електроустаткування. Привід	
Живильна електромережа, В	380±38
Кількість електродвигунів на верстаті	8
Електродвигун приводу фрезерних головок, кВт (об/хв)	11 x 2
Електродвигун приводу свердлильних головок, кВт (об/хв)	4 x 2
Електродвигун приводу гідронасосу, кВт (об/хв)	5,5
Електродвигун приводу станції мастила, кВт (об/хв)	0,08
Електродвигун насоса охолоджувальної рідини, кВт (об/хв)	0,12
Електродвигун транспортера стружки, кВт (об/хв)	0,55
Сумарна потужність встановлених електродвигунів, кВт	36,28
Габарити та маса верстата	
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	3970...5470 x 1750 x 2000
Маса верстата, кг	6500

Рис. В.1. Технічні характеристики верстату 2Г942

(операція 005 Фрезерно-центрувальна)

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Технічні характеристики верстата 16A20Ф3

Найменування параметру	16A20Ф3С32
Основні параметри верстата	
Позначення системи ЧПУ	2P22
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною, мм	320
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над супортом, мм.	200
Найбільший діаметр встановлюваного виробу над станиною, мм	500
Діаметр отвору в шпінделі, мм	55
Найбільша довжина виробу, що встановлюється в центрах (РМЦ), мм	1000
Найбільша довжина виробу, що обробляється при числі позицій інструментальної головки (8, 8, 12), мм	900,750,850
Шпіндель	
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Кількість робочих швидкостей шпинделя	
Межі чисел оборотів шпинделя, об/хв	20...2500
Діапазон швидкостей шпинделя, що встановлюється вручну, об/хв	Ряд I - 20...345 Ряд II - 60...1000 Ряд III - 145...2500
Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються	
Діапазон автоматичного перемикання	
Центр шпинделя передньої бабки за ГОСТ 13214-87	Морзе №8
Центр пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214-87	Морзе №5
Кінець шпинделя за ГОСТ 12593-72	6К
Найбільший момент, що крутить, на шпинделі не менше, Нм (кгс*м)	800 (80)
Подання	
Найбільше переміщення супорта: поздовжнє (Z) / поперечне (X), мм	905/210
Межі кроків різьб, що нарізаються, мм	0,25...40
Діапазон швидкостей поздовжніх подач, мм/хв (мм/об)	10...2000 (2,8)
Діапазон швидкостей поперечних подач, мм/хв (мм/об)	5...1000 (1,4)
Швидкість швидких поздовжніх/поперечних ходів, м/хв.	15/7,5
Висота різця, мм	25
Кількість позицій на поворотній резацетримці (кількість інструментів у револьверній головці)	8 (6,12)
Параметри системи ЧПУ	
Позначення системи ЧПУ	2P22
Число координат	2
Кількість одночасно керованих координат	2
Дискретність завдання координат у поздовжньому/поперечному напрямку (дискретність завдання по осі Z, X)	0,001
Межі програмованих подач поздовжніх/поперечних, мм/про	0,01...20/ 0,01...10
Тип датчика зворотного зв'язку за положенням та різьбонарізуванням	BE178A5
Електроустаткування верстата	
Електродвигун головного приводу, кВт/об/хв	11/1500
Електродвигун поздовжніх подач - номінальний момент, що крутить, Нм (кгс*м)	23 (2,3)
Електродвигун поперечних подач - номінальний момент, що крутить, Нм (кгс*м)	17 (1,7)
Електродвигун станції мастила каретки, кВт/об/хв.	0,18/1400
Електродвигун станції мастила шпіндельної бабки, кВт/об/хв	0,27/ 1450
Електродвигун насоса охолодження, кВт/об/хв.	0,12/ 2800
Електродвигун інструментальної головки, кВт/об/хв	0,37/ 1385
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	21,4
Сумарна потужність верстата, кВт	24
Габарити та маса верстата	
Габаритні розміри верстата з ЧПУ (довжина, ширина, висота), мм	3700 3000 2100
Маса верстата з ЧПУ, кг	4150

Рис. А.2. Технічні характеристики верстату 16A20Ф3

(операції 010, 015, 030 Токарна з ЧПК)

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Основні технічні дані та характеристики верстата ГФ2171С5

Найменування параметру	ГФ2171с5
Основні параметри	
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	H
Модель пристрою ЧПУ	2С45-85
Кількість керованих координат	3
Кількість одночасно керованих координат при лінійній/круговій інтерполяції	3/2
Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	250..500
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини (виліт), мм	500
Граничні розміри поверхні, що обробляються (довжина x ширина x висота), мм	850 x 250 x 380
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	400
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	1800 x 400
Число Т-подібних пазів Розміри Т-подібних пазів	3
Найбільше поздовжнє переміщення столу (X), мм	1010
Найбільше поперечне переміщення столу (Y), мм	400
Найбільше вертикальне переміщення столу (установче) (Z), мм	250
Найбільше переміщення повзуна (Z), мм	280
Межа робочих подач столу та повзуна, мм/хв	3..8000
Швидкість швидких переміщень столу (X, Y)/повзуна (Z), мм/хв	7000
Допустиме зусилля подачі за координатами X і Y, Н	15890
Допустиме зусилля подачі по координаті Z, Н	9808
Точність позиціонування, мм	0,015
Шпіндель	
Частота обертання шпинделя, об/хв (кількість ступенів)	50..2500 (12)
Кількість швидкостей шпинделя	18
Найбільший крутний момент, кНм	0,815
Коефіцієнт низки вихідних частот обертання шпинделя	1,26
Ескіз кінця шпинделя за ГОСТ 24644-81 7:24	50
Магазин інструменту	
Місткість магазину інструменту	12
Час зміни інструменту, з	20
Максимальний діаметр фрези торцевої, мм	125
Максимальний діаметр фрези кінцевої, мм	40
Максимальний діаметр свердла, мм	30
Максимальна вага інструменту, кг	15
Виліт інструменту від торця шпинделя, мм, не більше	250
Електроустаткування та привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт (об/хв)	7,5 (1450)
Електродвигуни приводу подач HG-112B, HG-112C (осі X, Y), Нм	17
Електродвигуни приводу подач повзуна HG-112C (вісь Z), Нм	23
Електродвигун налагоджувального переміщення консолі, кВт (об/хв)	2,2 (1450)
Електродвигун гідростанції, кВт (об/хв)	2,2 (1450)
Електродвигун насоса мастила, кВт (об/хв)	0,27 (1500)
Електронасос охолоджуючої рідини Потужність, кВт	0,12 (2800)
Продуктивність насоса СОЖ, л/хв.	8
Тип гідростанції	5АГ48-22Н
Габарити та маса верстата	
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	3680 x 4170 x 3150
Маса верстата, кг	6580

Рис. В.3. Технічні характеристики верстату ГФ2171С5
(операція 020 Шпонково-фрезерна)

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Технічні характеристики шліцефрезерного верстата 5350А

Найменування параметру	5350
Основні параметри верстата	
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82 та ГОСТ 659-78	H
Найбільший модуль фрезерування, мм	6
Висота центрів верстата, мм	250
Найбільший діаметр фрезерування, мм	150
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм	500
Найменша відстань між осями виробу та фрези, мм	40..140
Відстань між центрами, мм	750, 1000, 1500, 2000
Найбільша довжина фрезерування, мм	675, 925, 1425, 1925
Кількість нарізаних шліців (зубів), мм	4..36
Найбільший діаметр фрези, мм	140
Кількість швидкостей фрезерного шпинделя	6
Межі чисел оборотів фрезерного шпинделя	80..250
Кількість подач, об/хв	12
Межі подач, об/хв	0,63..5
Діаметр отвору шпинделя виробу, мм	106
Конус під центр у шпинделя виробу, мм	Морзе 4
Конус під центр у пінолі задньої бабки, мм	Морзе 5
Діаметр фрезерної оправки, мм	27, 32, 40
Швидкість прискореного ходу каретки, м/хв.	1,92
Фрезерний супорт	
Найбільше переміщення фрезерного супорта від руки, мм	100
Найбільше переміщення фрезерного супорта від гідравліки, мм	30
Переміщення фрезерного супорта на один поділ лімба, мм	0,01
Привід та електроустаткування верстата	
Кількість електродвигунів, встановлених на верстаті	4
Електродвигун головного приводу, кВт	6,5
Електродвигун швидких переміщень, кВт	3,0
Електродвигун приводу гідронасосу, кВт	1,5
Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,15
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	11,15
Габаритні розміри та маса верстата	
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	2595 x 1550 x 1650
Маса верстата з електрообладнанням та охолодженням, кг	3800

Рис. В.4. Технічні характеристики верстату 5350
(операція 025 Шліцефрезерна)

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Технічні характеристики верстатів 3Б161

Найменування параметру	3Б161
Основні параметри верстата	
Клас точності згідно з ГОСТ 8-92	П
Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм	280
Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм	1000
Найбільший діаметр шліфування в люнеті, мм	80
Найбільший діаметр шліфування без люнету, мм	250
Найменший діаметр шліфування, мм	
Найбільша довжина шліфування, мм	900
Відстань від осі шпинделя передньої бабки до дзеркала столу (висота центрів), мм	150
Найбільша маса виробу, що обробляється, кг	40
Робочий стіл верстата	
Найбільша довжина переміщення столу, мм	920
Ручне прискорене переміщення столу за один оберт маховика, мм	22,8
Ручне сповільнене переміщення столу за один оберт маховика, мм	6,3
Найменший хід столу від гідросистеми при перемиканні упорами, мм	8
Швидкість переміщення столу від гідросистеми (безступінчасте регулювання), м/хв.	100..6000
Найбільший кут повороту верхнього столу за годинниковою стрілкою, град	3°
Найбільший кут повороту верхнього столу проти годинникової стрілки, град	8°
Ціна поділу шкали повороту верхнього столу, град	0°20'
Конусність, мм/м	10
Шліфувальна бабка	
Найбільший/найменший діаметр шліфувального круга, мм	600..450
Найбільша ширина (висота) шліфувального круга, мм	63
Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, об/хв	1112, 1272
Швидкість різання шліфувального кола, м/с	
Найбільше переміщення шліфувальної бабки гвинтом, мм	200
Величина швидкого підведення шліфувальної бабки від гідравліки, мм	50
Час швидкого підведення шліфувальної бабки, з	2
Періодична подача шліфувальної бабки на діаметр виробу від храпового механізму (при реверсі праворуч, ліворуч, при кожному реверсі), мм	0,005..0,06
Періодична подача шліфувальної бабки на діаметр виробу від механізму врізання (при реверсі праворуч, ліворуч, при кожному реверсі), мм	-
Безперервна подача для врізного шліфування швидкість, мм/хв.	-
Безперервна подача для врізного шліфування, мм на обіг виробу	-
Ціна поділу лімба поперечної подачі на діаметр виробу, мм	0,005
Величина поперечного переміщення шліфувальної бабки за один оборот маховика, мм	1
Передня бабка	
Частота обертання виробу (безступінчасте регулювання), об/хв	63..400
Задня бабка	
Величина відведення пінолі задньої бабки від руки, мм	35±2
Величина відведення пінолі задньої бабки від гідросистеми, мм	35±2
Привід та електроустаткування верстата	
Кількість електродвигунів на верстаті	7
Електродвигун шпинделя шліфувальної бабки (Ш), кВт	7,5
Електродвигун приводу виробу (І), кВт	0,78
Електродвигун насоса гідросистеми (Г), кВт	1,5
Електродвигун насоса системи змащення підшипників шпинделя (С), кВт	0,08
Електродвигун насоса системи змащення напрямних столу (1С), кВт	0,08
Електродвигун насоса системи охолодження (Н), кВт	0,12
Електродвигун магнітного сепаратора (М), кВт	0,08
Габаритні розміри та маса верстата	
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	4100 x 2100 x 1560
Маса верстата з електрообладнанням та охолодженням, кг	4500

Рис. В.5. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату 3Б161
(операція 040 Круглошліфувальна)

					<i>КРБ 21-231.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		66