

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 деталі
«Вал 2022.14.27»***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВс-11
спеціальності _____

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

_____ **Рудницький М.Ю.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Скляр Р.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ **Кобельник В.Р.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ **Кобельник В.Р.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2022

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)
« » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Рудницькому Михайлу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Вал 2022.14.27»

Керівник роботи Склярів Руслан Анатолійович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «19» січня 2022 року № 4/7-11

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 червня 2022

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі «Вал 2022.14.27»,
технологічний процес механічної обробки; паспорт металорізального верстата мод. 6E80Ш

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи; аналіз базового
технологічного процесу механічної обробки деталі; розробка кінематичної та
структурно-кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій;
конструювання коробки швидкостей верстату

проектування пристрою для фрезерування шпонкових пазів
розробка питань з охорони праці та безпеки життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
креслення деталі «Вал 2022.14.27» - 1 аркуш формату А2

технологічний аналіз – 1 аркуша формату А0;

кінематична схема верстату – 1 аркуш формату А1;

складальне вертикально головки верстата – 1 аркуш формату А0;

складальне креслення столу верстату – 1 аркуш формату А0;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., ас. Сенік А.А.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 21 січня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.01.2022 р.	
2	Аналіз базового технологічного процесу	28.01.2022 р.	
3	Аналіз характерних особливостей об'єкта виробництва	02.02.2022 р.	
4	Огляд літератури по тематиці кваліфікаційної роботи	10.02.2022 р.	
5	Формування напрямку кваліфікаційної роботи	14.02.2022 р.	
6	Формування переліку графічного матеріалу	16.02.2022 р.	
7	Розрахунок кінематичної структури верстата	24.02.2022 р.	
8	Розробка кінематичної схеми верстата	01.03.2022 р.	
9	Розрахунок коробки швидкостей верстата	18.03.2022 р.	
10	Конструювання коробки швидкостей верстата	10.04.2022 р.	
11	Проектування пристрою для фрезерування шпонкових пазів	26.04.2022 р.	
12	Розробка питань з Охорони праці	10.05.2022 р.	
13	Розробка питань з Безпеки життєдіяльності	20.05.2022 р.	
14	Оформлення графічного матеріалу	05.06.2022 р.	
15	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2022 р.	
16	Представлення готової КР	17.06.2022 р.	

Студент

(підпис)

Рудницький М.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Скляр Р.А.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Вал 2022.14.27» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Рудницький Михайло Юрійович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2022.

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

В дипломній роботі бакалавра приведено технологічні розрахунки на технологічну операцію «Токарна з ЧПК» для деталі «Вал 2022.14.27». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу вертикальної головки верстату. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

Rudnytskyi M. Y. Tools and instruments for the part "Shaft 2022.14.27" processing. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2022.

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

In the bachelor's thesis the technological calculations for the technological operation "Turning with CNC" for the part "Shaft 2022.14.27" are given. The kinematic scheme of the machine is developed. The drive of the vertical head of the machine is constructed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рудницький М.Ю.</i>			<i>Анотація</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					4	1
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						
						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль</i>		

Зміст

Вступ	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз завдання	8
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	10
1.3 Огляд літератури	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання	15
2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції	17
2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції	22
2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції	23
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
3.1 Кінематичний розрахунок приводу вертикальної головки верстату	24
3.2 Розробка конструкції приводу вертикальної подачі та її розрахунок	29
3.2.1 Визначення крутних моментів та швидкостей ва валах приводу	29
3.2.2 Розрахунок модуля передач (для останньої групи) та конструктивних параметрів зубчастих коліс	30
3.2.3 Орієнтовний розрахунок конструктивних параметрів проміжних валів приводу	33
3.2.4. Розрахунок та підбір підшипників в якості опор валів приводу	35
3.3 Розрахунок ходового гвинта верстату	37
3.3.1 Аналітичний розрахунок ходового гвинта	37
3.3.2 Автоматизований розрахунок ходового гвинта	41
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
4.1 Організація роботи робочого місця верстатника	45
4.2 Ультразвук та інфразвук і його вплив на організм людини	48
ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	52
ДОДАТКИ	55

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Рудницький М.Ю.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>			5	1	
<i>Реценз.</i>					<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>			<i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>			<i>гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		

ВСТУП

На сьогоднішній день технологічну конкурентоспроможність економіки визначає здебільшого розвиток машинобудування. Його вважають рушійною силою економіки, яка повинна забезпечувати промислову безпеку та обороноздатність нашої країни. Перед машинобудуванням ставлять великі завдання, воно повинне забезпечити реалізацію досягнень НТП в усіх галузях економіки. Від розвитку машинобудування залежить розвиток економіки держави в цілому.

Підприємства машинобудівного профілю в Україні переживають не найкращі часи, їх виробничі фонди потребують модернізації та притоку інвестицій.

Для забезпечення ефективного розвитку галузі необхідно вкладати кошти в розвиток сучасного металорізального обладнання, необхідно приймати заходи з підвищення продуктивності верстатів. Цього можна досягнути через інтенсифікацію режимів обробки та скорочення підготовчо-заключного та допоміжного часу. На сьогоднішній день багато підприємств йдуть шляхом підвищення точності обробки за рахунок використання сучасних прецизійних верстатів. Важливим є проведення робіт по підвищенню рівня механізації та автоматизації роботи верстатів, розробки сучасних гнучких автоматизованих виробництв, широке провадження верстатів з паралельною кінематикою [1, 2].

Багато фахівців говорять про необхідність розширення технологічних можливостей верстатів, для цього слід створювати верстати агрегатно-модульного типу з можливістю розширення їх комплектації.

Важливим напрямком є розвиток та використання в галузі сучасних комплектуючих та нових матеріалів, впровадження інтелектуальних та мехатронних систем.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Рудницький М.Ю.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</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>
						<i>6</i>	<i>2</i>
						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>	

Завдяки створенню сучасних металорізальних верстатів, які мають певний запас досконалості та високий рівень новизни рішень, ми можемо говорити про обладнання яке відповідає світовому рівню. Адже саме створення нових верстатів або іншого технологічного обладнання є показником того, що галузь розвивається, що відбувається вдосконалення виробництва.

В Україні, як правило, здійснюють модернізацію верстатів, при цьому переважно роботи ведуться у напрямку вдосконалення виконавчих механізмів, органів керування, систем контролю.

Використання сучасних CAD-CAM систем [3] дозволяє скоротити час на проектування верстатів та технологічного обладнання. При цьому надзвичайно важливо орієнтуватися не на реально існуюче обладнання, його технічні характеристики, а дивитися в перспективу. Тому важливо використовувати процедуру параметричного прогнозування на початкових етапах проектування, коли закладаються основні технічні характеристики обладнання [4, 5].

При створенні нового верстату слід врахувати чималу кількість факторів. Перш за все слід здійснити аналізу продукції яка на ньому може виготовлятися (врахувати масо-габаритні розміри деталей, фізико-механічні властивості матеріалів, серійність продукції, вимоги по точності та шорсткості поверхонь).

Обробка деталей класу «Вали» передбачає використання різноманітних верстатів. Їх номенклатура буде визначатися поверхнями які буде мати готовий виріб. При обробці деталей цього класу переважно використовуються токарні, шліфувальні, свердлильні та фрезерні верстати.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота бакалавра складається із вступу, чотирьох розділів і основних висновків, які розміщені на 51 сторінці, 23 рисунків та 5 таблиць, списку літературних джерел з 20 найменувань на 3 сторінках і додатків на 14 сторінках, всього 68 сторінок.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання

Згідно вихідних даних на проектування річна програма випуску деталі «Вал 2022.14.27» становить 4200 штук, що відповідає середньосерійному типу виробництва. Також при виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра в якості вихідних даних видано креслення деталі «Вал 2022.14.27», та базовий технологічний процес її виготовлення.

Деталь «Вал 2022.14.27» входить до складу приводу сушильного барабана неперервної дії СБНД 13-127-01, її загальний вигляд приведено на рис. 1.1.

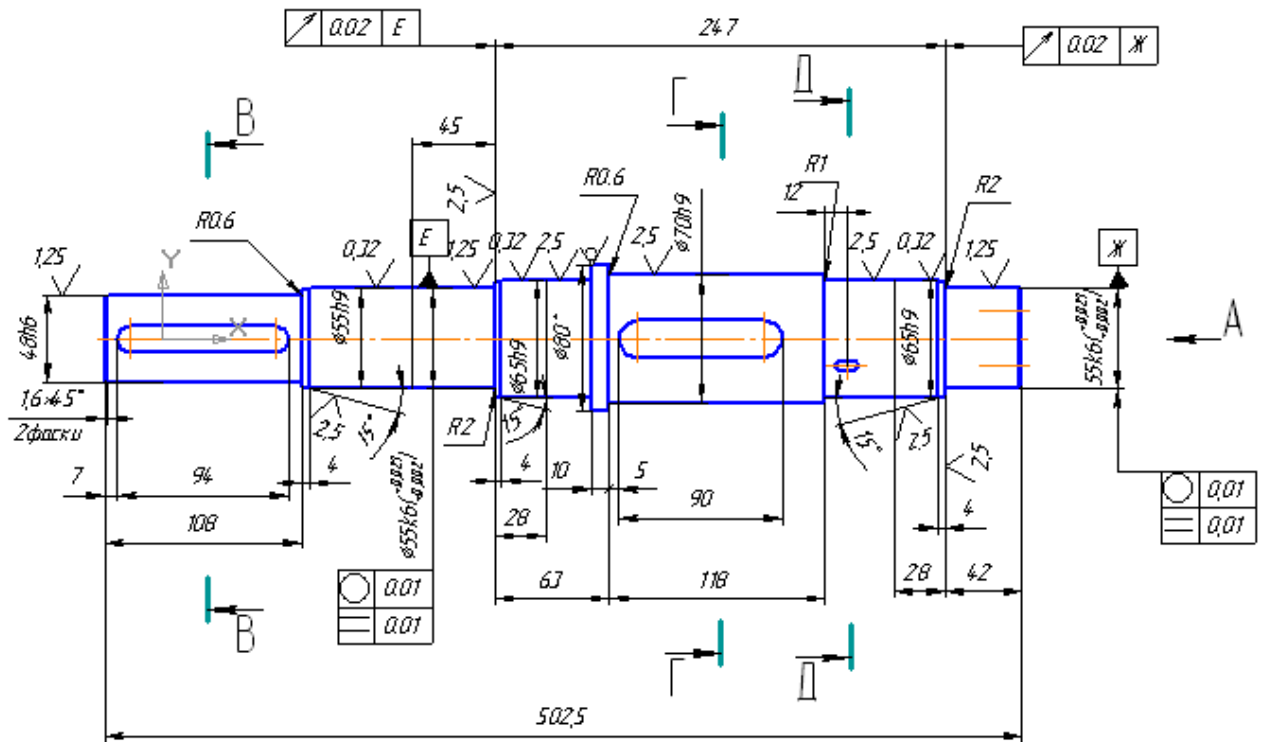


Рис. 1.1. Загальний вигляд деталі «Вал 2022.14.27»

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рудницький М.Ю.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.				8	5
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					
					<i>Аналітична частина</i>		

Згідно заводської документації сушильний барабан неперервної дії СБНД 13-127-01 призначений для теплової обробки сипучих матеріалів (основне використання хімічна та переробні галузі промисловості). Деталь вал «Вал 2022.14.27» є складовим елементом вузла «шестерня підвінцева з підшипниками», основне призначення якого – передача обертового моменту на вінець барану через ведучу шестерню, що кріпиться на даному валі.

Використовуючи ілюстрований визначник деталей загальномашинобудівного призначення [6] визначаємо конструкторську характеристику та клас деталі, результат такого аналізу приведений на рис. 1.2.

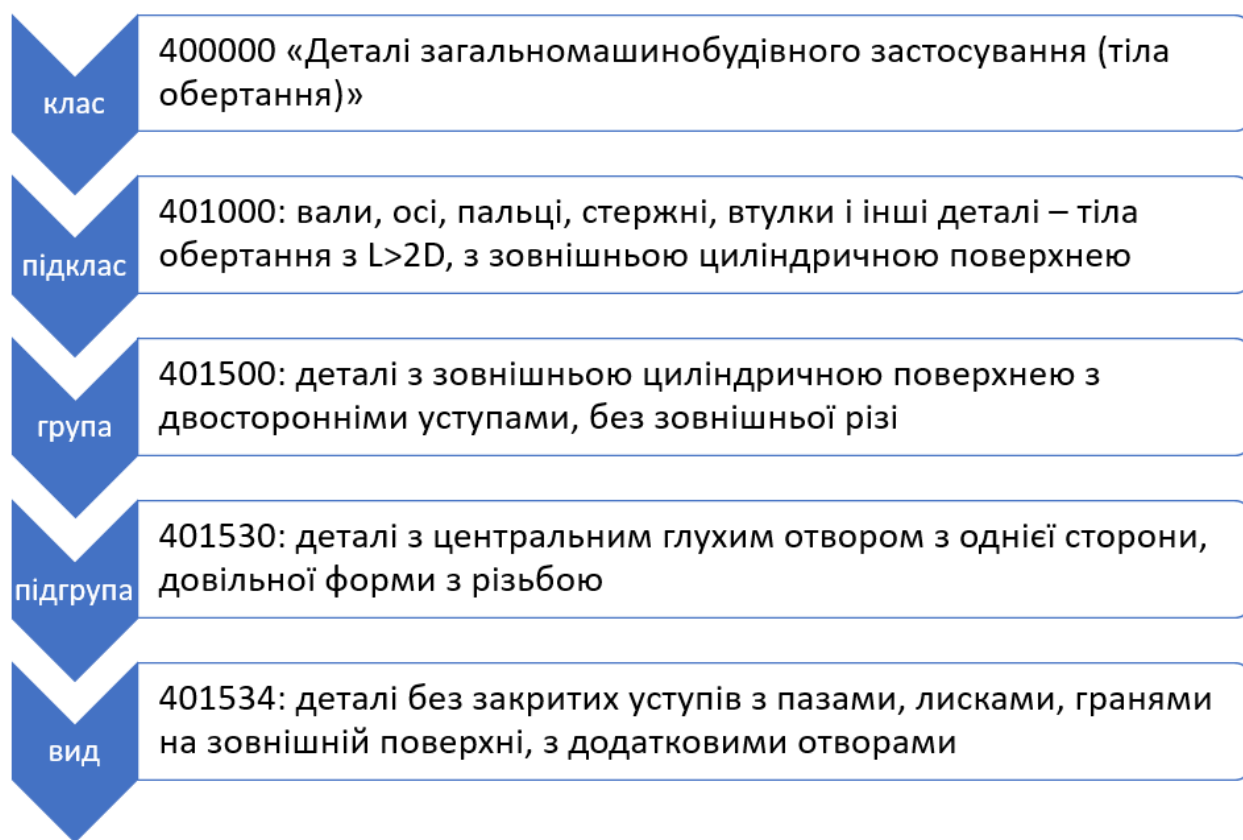


Рис. 1.2. Конструкторська характеристика та клас деталі

Деталь «Вал 2022.14.27» містить поверхню $\varnothing 70h9$, яка використовується для встановлення та базування ведучої шестерні. На поверхні $\varnothing 55k6$, згідно опису вузла, встановлюються два кулькові радіальні сферичні підшипники. Для встановлення гумових манжетів, що запобігають різноманітного бруду в з'єднання «вал-підшипник» призначені поверхні $\varnothing 65h9$ і $\varnothing 55h9$, вони повинні забезпечувати шорсткість $Ra0.32$ мкм. На поверхню $\varnothing 48h6$ встановлюється

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

муфта, яка забезпечує передачу крутного моменту від вихідного валу привода редуктора. Також деталь містить два отвори $\varnothing 7$ мм, які служать для закріплення кільця, що фіксує ведучу шестерню від осевого зміщення за допомогою двох гвинтів. Окрім цього на торці валу знаходяться два різьбові отвори М8-7Н, їх основне призначення - встановлення та закріплення торцевої шайби, яка запобігає осьовому зміщенню валу при його обертанні. Для закріплення шайби використовуються два гвинти М8-8g.

Також на деталі є два шпонкові пази $b = 14N9$ і $b = 20N9$, вони призначені для встановлення шпонок, за їх допомогою здійснюється передача крутного моменту від муфти на вал і від валу на ведучу шестерню.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Згідно креслення деталі «Вал 2022.14.27» для її виготовлення використовується сталь 45 ГОСТ1050-88, дані про її хімічний склад та механічні властивості зведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Зведена характеристика сталі 45 ГОСТ1050-88

Хімічний склад Сталі 45							
Марка сталі	Вуглець (C) %	Кремній (Si) %	Марганець (Mn) %	Хром (Cr) %	Сірка (S) %	Фосфор (P) %	Нікель (Ni) %
				Не менш, як			
Сталь 45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,035	0,25
Механічні властивості Сталі 45							
Марка сталі	Межа міцності при розтягуванні σ_B , МПа	Межа текучості при стисканні, σ_T , МПа	Відносне подовження, $\sigma\%$ при $l=10d$	Відносне звуження Ψ , % при $l=10d$	Твердість по Брінелю, НВ		
	Не менш, як						
Сталь 45	610	360	16	40	156-217		

Для покращення експлуатаційних властивостей деталь може піддаватись термообробці (нормалізації та покращенню).

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Згідно базового технологічного процесу для обробки деталі «Вал 2022.14.27» необхідно, щоб в механічній дільниці було наявні фрезерний, свердлильний, токарний та шліфувальний верстати. Деталь має порівняно простий профіль, тому всі її поверхні доступні для обробки та безпосереднього вимірювання.

В таблиці 1.2. приведено перелік основних операцій та обладнання яке використовувалось у базовому технологічному процесі (ТП).

Таблиця 1.2 Базовий ТП виготовлення деталі «Вал 2022.14.27»

Номер і назва операції	Обладнання
005 Фрезерно-центрувальна	2Г942
010 Токарна	16Б16А
015 Токарна	16Б16А
020 Токарна	16Б16А
025 Токарна	16Б16А
030 Токарна	16Б16А
035 Токарна	16Б16А
040 Шпонково-фрезерна	692Р
045 Шпонково-фрезерна	692Р
050 Вертикально-свердливальна	2Н135
055 Радіально-свердлильна	2Н55
060 Круглошліфувальна	3Б161
065 Круглошліфувальна	3Б161
070 Круглошліфувальна	3Б161
075 Круглошліфувальна	3Б161
080 Круглошліфувальна	3Б161
085 Круглошліфувальна	3Б161
090 Круглошліфувальна	3Б161
095 Круглошліфувальна	3Б161

Більш детальний аналіз ТП та деталі показав, що вона містить два нетехнологічні отвори $\varnothing 7$ мм, вони розташовані на поверхні валу $\varnothing 65h9$ під кутом 120° один до іншого. Для їх обробки та подальшого контролю точності необхідно розробити спеціальне пристосування та вимірювальний інструмент. Також дещо знижують технологічність деталі два глухі отвори М8-7Н, які розміщені на торці деталі.

Аналіз креслення деталі показав, що всі розміри деталі є уніфікованими, для її обробки не потрібно великої номенклатури ріжучих інструментів. В деталі відслідковується технологічний зв'язок між точністю розмірів та величиною шорсткості. Виключення становить поверхня $\varnothing 65h9$, яка має периметр шорсткості по $Ra = 0,32$.

У цілому деталь «Вал 2022.14.27» за якісними показниками є технологічною.

1.3 Огляд літератури

Досить цікавою є публікація [7], в якій розглянуто методику, що дозволяє здійснити формалізований синтез структури технологічних процесів (ТП) механічної обробки. Для застосування даної методики спочатку виконується автоматизоване проектування принципової схеми ТП, а потім відбувається власне процедура синтезу. В роботі подано конкретний приклад як відбувається синтез формули структури ТП для обробки ступінчастого валу.

На основі теоретичних положень, які зазначені в праці [8] є можливість сформулювати від 20 до 30 варіантів обробки ступінчастого валу. Автор пропонує схему яка дозволяє здійснити формування конкурентних варіантів ТП обробки валів, вона представлена на рис. 1.3.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

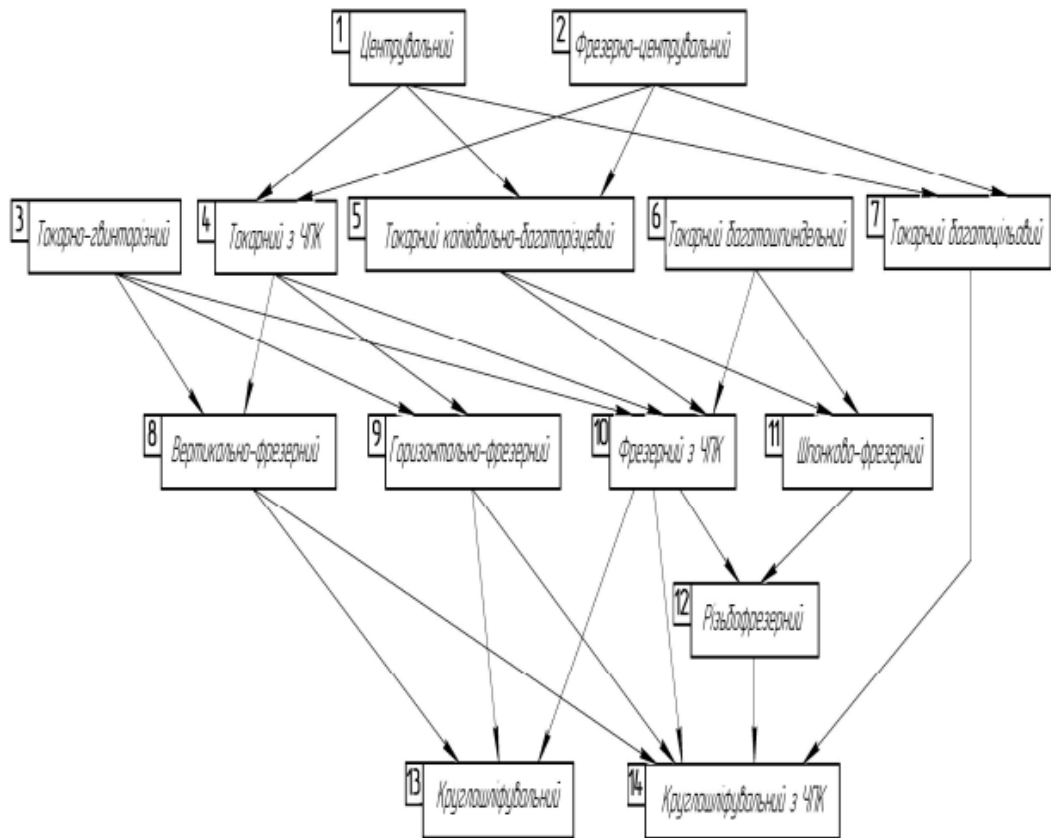


Рис. 1.3. Схема, що дозволяє розробити конкуруючі варіанти ТП обробки валів

В роботі [9] виявлені основні фактори які визначають трудомісткість обробки деталей, вони приведені на рис. 1.4.

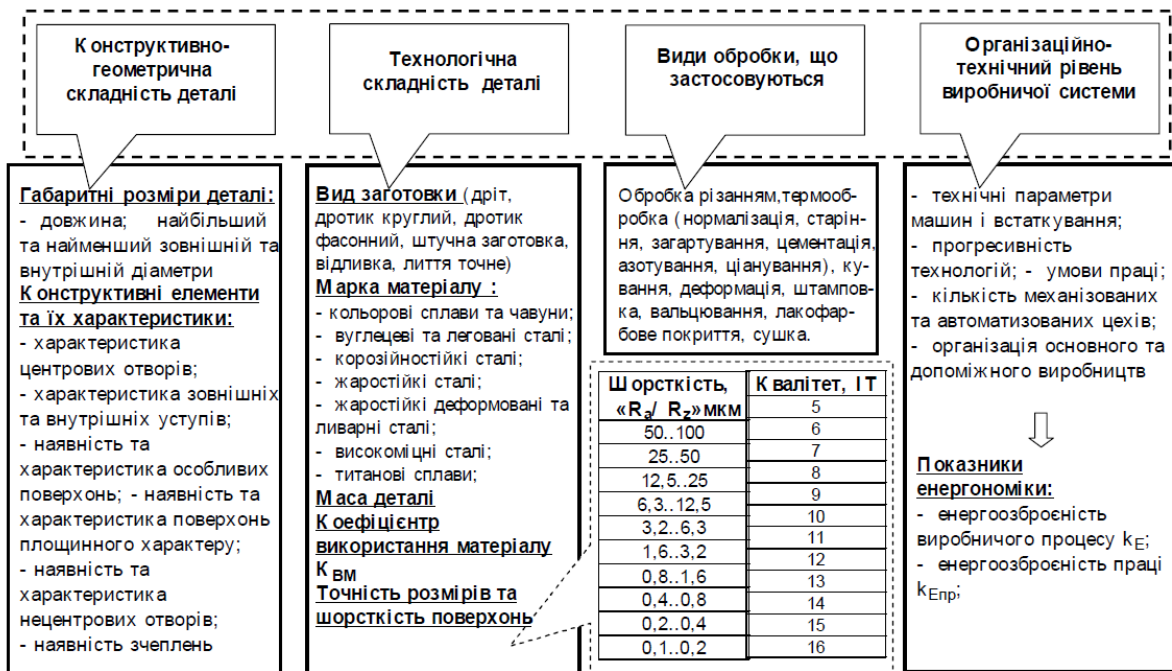


Рис. 1.4. Фактори які мають вплив на трудомісткість виготовлення деталей

При обробці деталей перспективним виглядає використання спеціального комбінованого інструменту, який дозволяє підвищити продуктивність праці та зменшити час обробки деталей [10].

В останні роки з'явилося багато публікацій з питань використання багатолезового оснащення з адаптивними кінематичними зв'язками, яке може використовуватися для обробки тіл обертання [11, 12].

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання

Проведений аналіз базового ТП показав, що існуючий маршрут має певні недоліки, їх можна виправити при умові використання більш продуктивного обладнання та методів обробки поверхонь. В запропонованому маршруті ТП обробки деталі

При складанні технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал 2022.14.27» будуть застосовуватися фрезерно-центрувальний, токарний, свердлильні, фрезерний та шліфувальні верстати.

В таблиці 2.1 приведено запропонований маршрут обробки деталі та вказано модель верстату яка при цьому буде використовуватися.

Таблиця 2.1. Запропонований ТП обробки деталі

Номер і назва операції	Обладнання
005 Фрезерно-центрувальна	МРТ1-М
010 Токарна з ЧПК	16А20Ф3
015 Токарна з ЧПК	16А20Ф3
020 Шпоночно – фрезерна	6Е80Ш
025 Шпоночно – фрезерна	6Е80Ш
030 Вертикально – свердлувальна	2Н135
035 Радіально – свердлувальна	2Н55
040 Круглошліфувальна	ЗБ161
045 Круглошліфувальна	ЗБ161
050 Круглошліфувальна	ЗБ161
055 Круглошліфувальна	ЗБ161
060 Круглошліфувальна	ЗБ161
065 Круглошліфувальна	ЗБ161
070 Круглошліфувальна	ЗБ161
075 Круглошліфувальна	ЗБ161
080 Круглошліфувальна	ЗБ161

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологічний розділ</i>					
Розроб.		<i>Рудницький М.Ю.</i>						Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Склярів Р.А.</i>							15	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>								

Після потрапляння заготовки на дільницю, вона має необроблені поверхні, які будуть використовуватися в якості баз [13]. Заготовка при цьому кріпиться в призмах, схема її встановлення приведена на рис. 2.1. На всіх інших операціях в якості баз використовуються чистові поверхні.

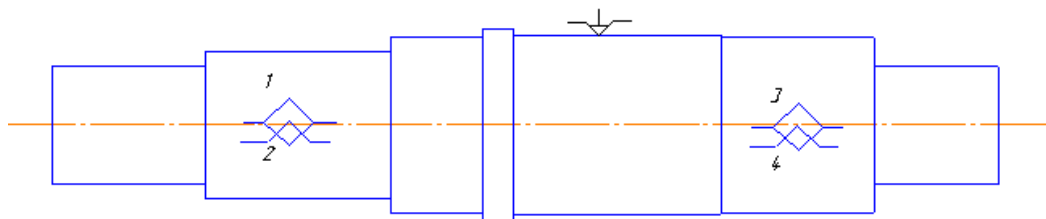


Рис. 2.1. Схема базування заготовки при фрезерно-центрувальній операції

Схема яка може застосовуватися для базування при виконанні токарної та шліфувальної операції приведена на рис. 2.2, вона передбачає кріплення заготовки в патроні та в обертовому центрі.

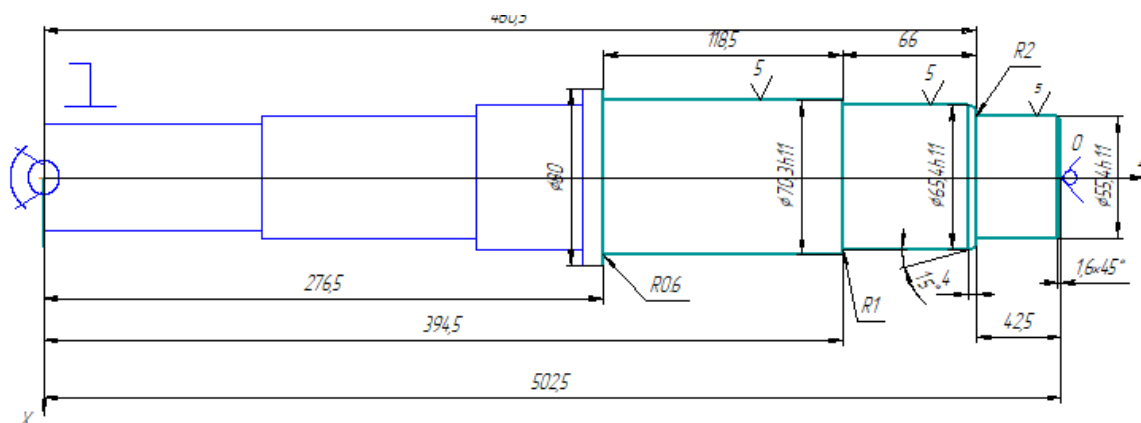


Рис. 2.2. Закріплення заготовки на токарних операціях

При проведенні шпоночно-фрезерних операцій використовують схему, яка передбачає закріплення заготовки в призмах з упором на одну із оброблених торцевих поверхонь, вона приведена на рис. 2.3.

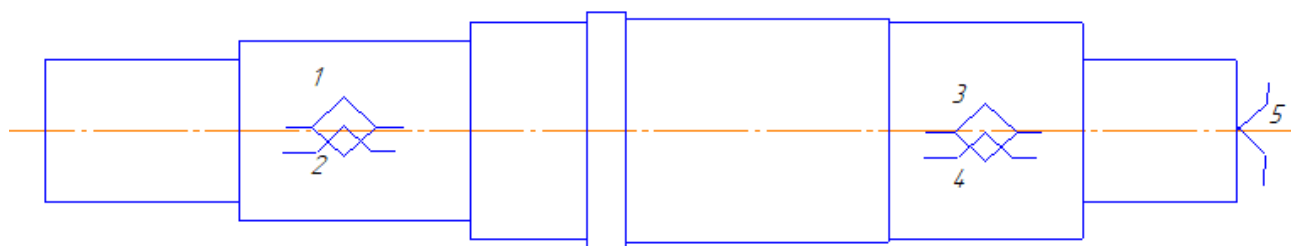


Рис. 2.3. Закріплення заготовки на шпоночно-фрезерних операціях

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Аналогічна схема закріплення використовується при радіально-свердлильній операції. Але при цьому необхідно використовувати спеціальне пристосування з поворотом заготовки на 120° .

2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Для одного із технологічних переходів 010 Токарної з ЧПК операції розраховуємо режими різання аналітичним методом.

Вихідні дані:

- обладнання – токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3;
- зміст переходу: точити поверхню $\varnothing 55k6$ начорно, витримуючи розміри: $\varnothing 56,8_{-0,074}^0$; 41,15 мм.
- інструмент – різець токарний прохідний, підрізний з тригранною пластинкою із твердого сплаву, MWLNR2525M03 по ТУ2-035-892-82; матеріал ріжучої частини – твердий сплав марки ТК10, матеріал корпусу – сталь 45.
- геометричні параметри інструменту [14]: $\varphi = 95^\circ$; $\varepsilon = 80^\circ$; $L_1 = 150$ мм; $h \times b = 25 \times 25$; $l = 10,8$ мм; $f = 32$ мм; $r = 1$ мм; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = -2^\circ$.

Спочатку слід встановити глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.1)$$

$$t = \frac{59,5 - 56,8}{2} = 1,35 \text{ мм}$$

На наступному кроці (згідно довідника [14]) призначаємо величину максимально допустимої подачі: $S_0 = 0,8$ мм/об.

Після цього обираємо період стійкості різця [14]: $T = 90$ хв.

Далі розраховуємо швидкість різання яка допускається ріжучими властивостями різця, для цього скористаємось виразом [14]:

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (2.2)$$

де: C_V, x, y, m – коефіцієнти, вони характеризують матеріал обробки та різця, а також величину подачі.

$$C_V = 340; y = 0,45; m = 0,2; x = 0,15 [14].$$

Для обчислення коефіцієнту K_V скористаємось виразом:

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{nV} \quad (2.3)$$

де K_{mV} - враховує матеріал заготовки ($K_{mV} = 1$);

K_{uV} - враховує матеріал ріжучої частини інструменту ($K_{uV} = 0,65$);

K_{nV} – враховує стан поверхні матеріалу ($K_{nV} = 0,8$).

Тоді отримаємо:

$$K_V = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,59$$

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 1,35^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,59 = 86,2 \text{ м/хв}$$

Використовуючи формулу [14] обрахуємо частоту обертання шпинделя:

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

де: V – розрахункове значення швидкості різання, м/хв;

D – значення діаметру оброблюваної поверхні, $D = 59,5 \text{ мм}$.

$$n = \frac{1000 \cdot 86,2}{3,14 \cdot 59,5} = 461,4 \text{ хв}^{-1}$$

Отримане значення слід відкоригувати у відповідності до паспортних даних верстата, приймаємо $n_0 = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Для розрахунку дійсної швидкості різання застосуємо аналітичну залежність [14]:

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot n_{\partial} \cdot D}{1000} \quad (2.5)$$

Підставивши у формулу значення отримаємо:

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 59,5}{1000} = 93,4 \text{ м/хв}$$

На наступному кроці проведемо розрахунок потужності яку слід забезпечити для процесу різання [14]:

$$N_E = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.6)$$

де: P_z – тангенціальна складова сили різання, Н.

Для її визначення використовують аналітичну залежність [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.7)$$

де: C_p , x , y , n – відповідно постійна та показники, що характеризують конкретні умови обробки (з довідника $C_p = 384$; $x = 0,9$; $y = 0,9$; $n = -0,15$ [14]);

K_p - характеризує фактичні умови різання.

Для визначення коефіцієнту K_p скористаємось виразом [14]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.8)$$

де K_{mp} - враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності ($K_{mp} = 0,92$);

$K_{\varphi p}$; $K_{\gamma p}$; $K_{\lambda p}$; K_{rp} – коефіцієнти, що дозволяють врахувати вплив геометричних параметрів різця на силу різання (обираються з таблиць [14]).

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,93$.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Обчислимо значення коефіцієнта K_p :

$$K_p = 0,92 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,76$$

Тоді значення тангенціальної складової сили різання буде становити:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1,35^{0,9} \cdot 0,8^{0,9} \cdot 93,4^{-0,15} \cdot 0,76 = 1583,7 \text{ Н.}$$

Розрахункове значення потужності буде:

$$N_E = \frac{1583,7 \cdot 93,4}{1020 \cdot 60} = 2,42 \text{ кВт}$$

Отримане значення слід перевірити на достатність і порівняти із потужністю приводу базового верстату:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (2.9)$$

де: N_e – потужність яку необхідно забезпечити для процесу різання;

$N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі базового верстату, кВт.

Для визначення потужності на шпинделі верстату скористаємось виразом:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta \quad (2.10)$$

де: $N_d = 10$ кВт, на основі паспорту верстату;

η – ККД верстату, $\eta = 0,85$.

Підставивши дані у розрахунковий вираз отримаємо:

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}$$

Оскільки $2,42 \leq 8,5$, то умова виконується, а отже обробка можлива.

Для розрахунку режимів різання на шпоночно-фрезерну операцію скористаємось он-лайн програмним комплексом «Калькулятор режимов резания» [15]. На рис. 2.4. показано вітальне вікно даної програми, а на рис. 2.5 результати обчислень.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Калькулятор режимов резания



Рис. 2.4. Вітальне вікно програми



Фрезерование пазов

P	Нелегированная сталь C ≤ 0,25 %, отожженная (НВ 125, Rm 428 N/mm ²)		Диаметр	Скорость резания	Частота вращения, об./мин
			70.00	27	123
Кол-во зубьев	Глубина резания	Ширина резания	Подача на зуб	Подача на оборот	
6	7.50	20.00	0.18	1.07	
Z	ap mm	ae mm	fz mm	fn mm/rev	
Минутная подача	Длина обработки	Передний угол	КПД станка	Критерий износа	
131	90.00	5	95	10	
vf mm/min	lm mm	γ °	η %	%	
Формулы расчета			Средняя толщина стружки 0.09 hm mm		
			Удельный съём материала 19.65 cm ³ /min		
			Время обработки 1 Минут 10 Секунд		
			Момент 66.89 Mc Nm		
			Мощность 0.90 Pmot KW		

Рис. 2.5. Результати проведених розрахунків

Використовуючи довідникову літературу, на всі інші операції, режими різання будемо призначати табличним способом. Результати такого розрахунку приведені в Додатку А.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

Здійснюючи вибір обладнання, яке необхідне для компоновки автоматизованої лінії обробки деталі «Вал 2022.14.27» слід врахувати такі особливості як:

- можливість забезпечення обладнанням необхідної точності та шорсткості оброблюваної поверхні деталі (на основі аналізу паспортних даних верстатів);
- тип виробництва;
- масо-габаритні розміри оброблюваної деталі;
- конструктивні особливості деталі;
- відповідність обладнання розрахунковим режимам обробки (чорновим, чистовим і доводочним);
- вартість обладнання (обробка повинна бути економічно вигідною).

На основі приведених вище міркувань, згідно із запропонованим ТП обробки деталі «Вал 2022.14.27» обираємо наступне обладнання:

- Операція 005 Фрезерно-центрувальна - фрезерно-центрувальний верстат моделі МРТ1-М;
- Операція 010, 015 Токарна з ЧПК - токарний з ЧПК моделі 16А20Ф3;
- Операція 020, 025 Шпоночно-фрезерна – верстат моделі 6Е80Ш;
- Операції 035. Вертикально-свердлильна – верстат моделі 2Н135;
- Операції 040. Радіально-свердлильна – верстат моделі 2Н55;
- Операції 045, 050, 055, 060, 065, 070, 075, 080, 085. Круглошліфувальна – верстат моделі 3Б161.

Технічні характеристики обраного обладнання приведені в додатку Б.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції

При виборі ріжучого інструменту слід звернути увагу на такі фактори як метод, яким буде здійснюватися обробка; врахувати матеріал з якого виготовлена заготовка; вимоги до оброблюваної поверхні за критеріями точності та якості.

Розробляючи ТП виготовлення деталі в першу чергу слід застосовувати існуючий стандартизований інструмент. Якщо є поверхні, в яких можна сумістити обробку декількох з них, то тоді доцільно розробляти спеціальний інструмент.

При обробці деталі «Вал 2022.14.27» буде застосовуватися тільки стандартизований інструмент.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Кінематичний розрахунок приводу вертикальної головки верстату

Кінематичний розрахунок розпочинаємо із визначення діапазону регулювання частоти обертання шпинделя, для цього застосовуємо аналітичну залежність [16]:

$$R_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{2500}{80} = 31,25 \quad (3.1)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо:

$$R_n = \frac{2500}{80} = 31,25$$

Далі знаходимо можливе число ступенів для проектованої коробки швидкостей, для цього скористаємось виразом:

$$z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1 \quad (3.2)$$

де φ – знаменник прогресії ряду частот обертання шпинделя.

Для верстату моделі 6Т80Ш $\varphi = 1,26$.

Тоді число ступенів z уде становити

$$z = \frac{\lg 31,25}{\lg 1,26} + 1 = \frac{1,495}{0,1} + 1 = 15,95$$

Отримане значення заокруглюємо до найближчого цілого.

Приймаємо $z = 16$.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Жолоб'язький В.Я.			<i>Конструкторська частина</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.					24	21
Реценз.						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
Н. Контр.		Кобельник В.Р.						
Затверд.		Кобельник В.Р.						

Наступним кроком є вибір варіанту структури, так для $z = 16$ вона буде мати вигляд:

$$z = 16 = 2(1) \times 2(2) \times 2(4) \times 2(8)$$

На цій підставі здійснюємо побудову структурної сітки, її вигляд приведено на рис. 3.1.

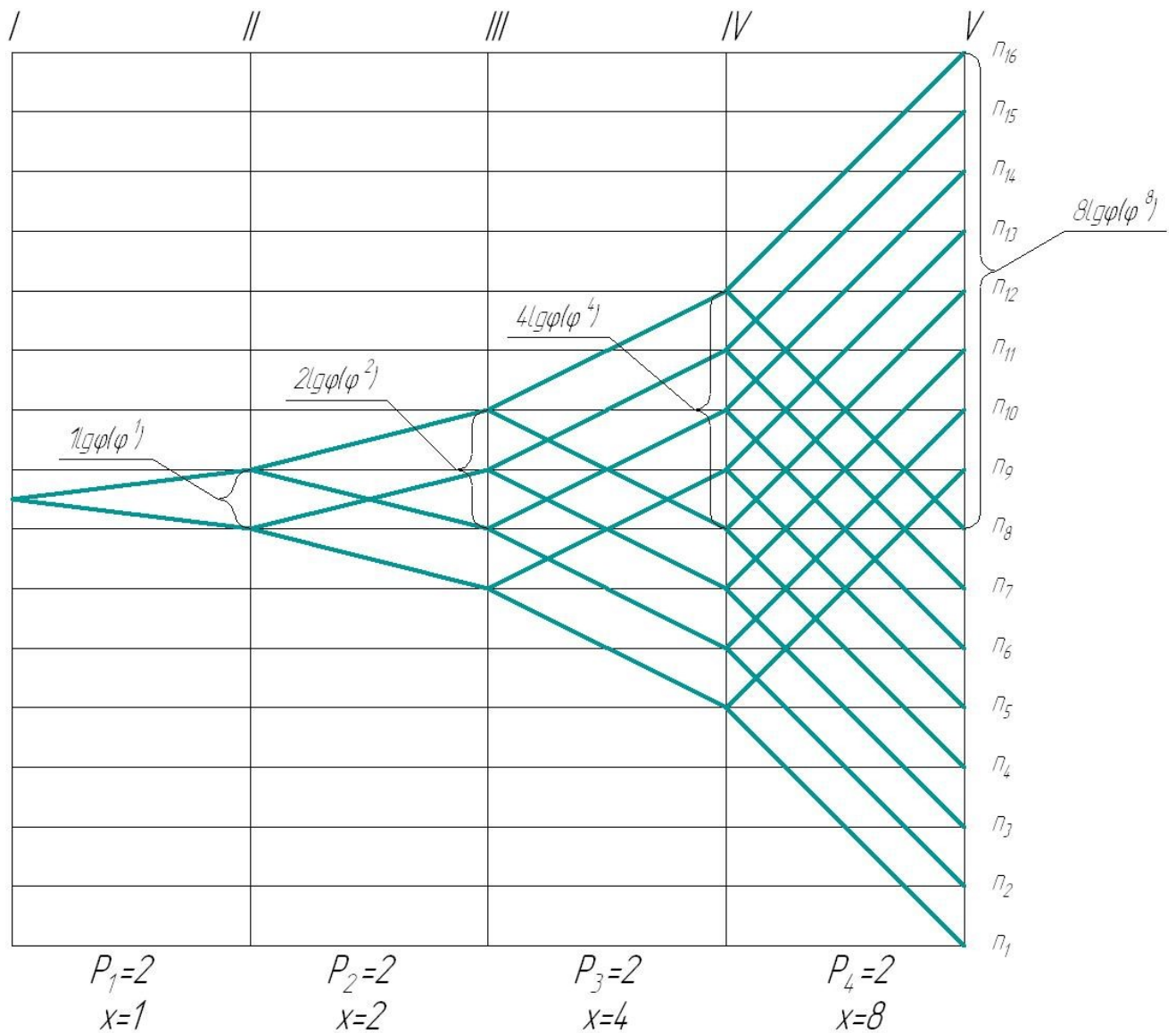


Рис. 3.1. Структурна сітка

Після цього переходимо до побудови графіку частот обертання шпинделя.

При цьому повинна виконуватись вимога, у відповідності до якої передаточне відношення для однієї кінематичної пари повинно знаходитись в межах:

$$\frac{1}{4} \leq i \leq 2,0 \quad (3.3)$$

При умові, що $\varphi = 1,26$ будемо мати:

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{\varphi^6} \leq i \leq \varphi^3 = 2,0$$

Будуємо графік частот обертання шпинделя, при цьому ми будемо використовувати те саме матричне поле, що і для структурної сітки (рис. 3.2).

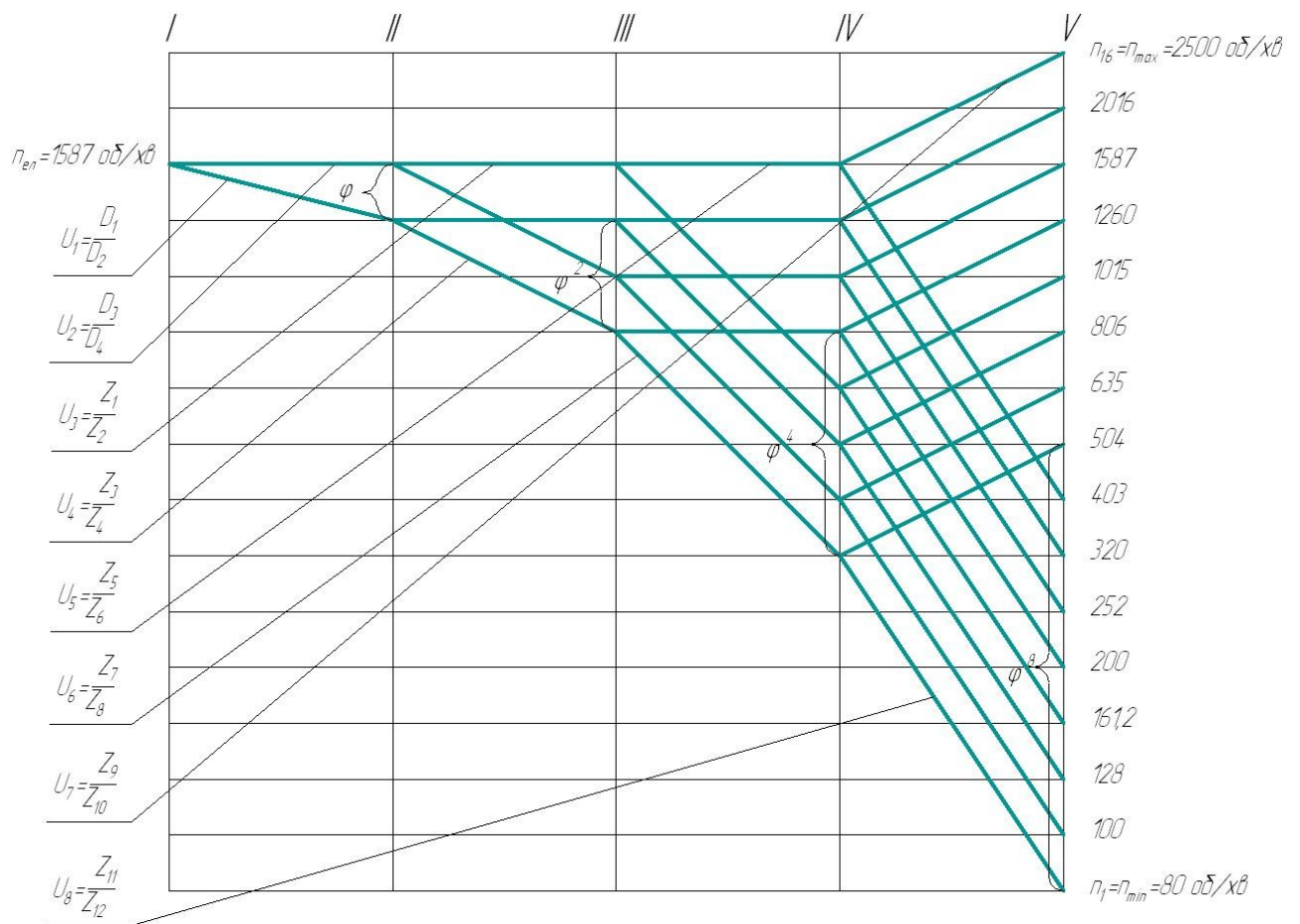


Рис. 3.2. Графік частот обертання шпинделя

Наступним кроком є визначення передаточного відношення для кожної групи передач та розрахунок числа зубів зубчастих коліс коробки швидкостей. Результати цього розрахунку зведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Зведені результати кінематичного розрахунку

Передаточне відношення згідно графіку	Розрахункові значення	Прийняті значення
Перша група		
$i_1 = 1 = \varphi^0 = 1,26^0 = 1$	$i_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{a}{b} = \frac{1}{1}$	$D_1 = 100 \text{ мм}$ $D_2 = 100 \text{ мм}$
$i_2 = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26} = \frac{4}{5}$	$i_2 = \frac{D_3}{D_4} = \frac{c}{d} = \frac{4}{5}$	$D_3 = 100 \text{ мм}$ $D_4 = 125 \text{ мм}$
Друга група		
$i_3 = 1 = \varphi^0 = 1,26^0 = 1$	$i_3 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{a}{b} = \frac{1}{1}$	$z_1 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{72 \cdot 1}{1 + 1} = 36$ $z_2 = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{72 \cdot 1}{1 + 1} = 36$
$i_4 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26^2} = \frac{7}{11}$	$i_4 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{c}{d} = \frac{7}{11}$	$z_3 = \frac{\sum z \cdot c}{c + d} = \frac{72 \cdot 7}{11 + 7} = 28$ $z_4 = \frac{\sum z \cdot d}{c + d} = \frac{72 \cdot 11}{11 + 7} = 44$
Третя група		
$i_5 = 1 = \varphi^0 = 1,26^0 = 1$	$i_5 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{a}{b} = \frac{1}{1}$	$z_5 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{84 \cdot 1}{1 + 1} = 42$ $z_6 = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{84 \cdot 1}{1 + 1} = 42$
$i_6 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = \frac{2}{5}$	$i_6 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{c}{d} = \frac{2}{5}$	$z_7 = \frac{\sum z \cdot c}{c + d} = \frac{84 \cdot 2}{2 + 5} = 24$ $z_8 = \frac{\sum z \cdot d}{c + d} = \frac{84 \cdot 5}{2 + 5} = 60$
Четверта група		
$i_7 = \varphi^2 = 1,26^2 = \frac{11}{7}$	$i_7 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{a}{b} = \frac{11}{7}$	$z_9 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{90 \cdot 11}{11 + 7} = 55$ $z_{10} = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{90 \cdot 7}{11 + 7} = 35$
$i_8 = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1,26^6} = \frac{1}{4}$	$i_8 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{c}{d} = \frac{1}{4}$	$z_{11} = \frac{\sum z \cdot c}{c + d} = \frac{90 \cdot 1}{1 + 4} = 18$ $z_{12} = \frac{\sum z \cdot d}{c + d} = \frac{90 \cdot 4}{1 + 4} = 72$

На основі проведених розрахунків будемо ескіз кінематичної схеми коробки швидкостей, він приведений на рис. 3.3.

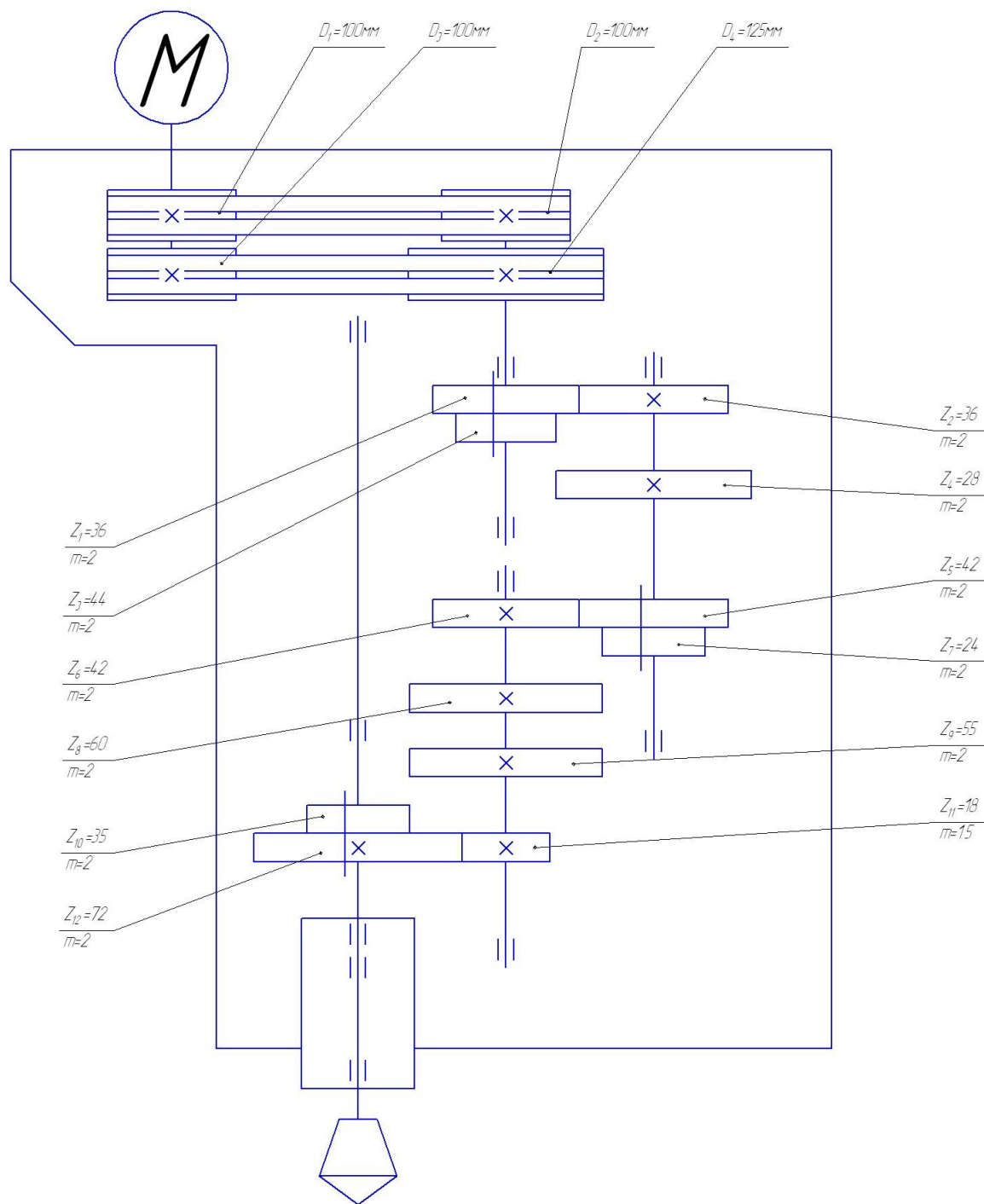


Рис. 3.3. Ескіз кінематичної схеми вертикальної головки

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.2 Розробка конструкції приводу вертикальної подачі та її розрахунок

3.2.1 Визначення крутних моментів та швидкостей на валах приводу

Згідно методичних рекомендацій [16] Визначення крутних моментів для всіх валів кінематичного ланцюга приводу проводиться за формулою [17]:

$$T_{\text{пр}} = 9500 \cdot \frac{N_{\text{еф}} \cdot \eta}{n_{\text{розр}}} \quad (3.4)$$

де η – ККД (визначається від електродвигуна до валу який розглядається);

$N_{\text{еф}}$ – ефективна потужність приводу, кВт ($N_{\text{еф}} = 1,1$ кВт);

$n_{\text{розр}}$ - частота обертання для валу який розраховується валу, об/хв.

При даному розрахунку також слід визначити значення кутових швидкостей на валах кінематичного, для цього скористаємось аналітичною залежністю [17]:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (3.5)$$

де n – максимальна частота, з якою здійснює обертання відповідний вал, об/хв.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунків крутних моментів на валах приводу

№ валу	Частота обертання валу, об/хв	Значення крутного моменту, Нм	Максимальна частота обертання валу, об/хв	Максимальна кутова швидкість вхідного валу, 1/с
I	1260	7,08	1587	166,1
II	806	11,07	1587	166,1
III	320	27,9	1587	166,1
IV	80	111,6	2500	261,6

3.2.2 Розрахунок модуля передач (для останньої групи) та конструктивних параметрів зубчастих коліс

Даний розрахунок слід проводити для найбільш навантаженої передачі коробки швидкостей. Для цього обираємо вітку яка знаходиться на 1/3 від нижньої вітки на графіку чисел обертів).

Розрахунки будемо проводити по наступних вихідних даних:

- значення крутного моменту на шестерні - $T = 44,6$ Нм;
- величина допустимих контактних напружень - $\sigma = 350$ МПа;
- розрахункове число зубів шестерні - $Z_1 = 18$;
- розрахункове число зубів колеса - $Z_2 = 72$;
- частота обертання валу шестерні $n = 252$ об/хв.

Спочатку слід визначити значення модуля передач, при цьому виходимо із умови міцності на згин [17]:

$$m = 12,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_n}{y \cdot Z_k \cdot \psi_m \cdot [\sigma]_n}} \quad (3.6)$$

де K_n , y , ψ_m – коефіцієнти, обираються з довідкових таблиць ($K_n = 1,1$; $\psi_m = 6$; $y = 0,284$).

$$m = 12,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{44,6 \cdot 1,1}{0,284 \cdot 90 \cdot 6 \cdot 350}} \approx 1,628$$

Використовуючи таблиці зі значеннями стандартного ряду модулів приймаємо модуль передач рівний $m = 2$.

Використовуючи методичні матеріали [17], знаходимо значення міжосьової відстані, при цьому виходимо з умови поверхневої міцності:

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$A = 10 \cdot (U + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U \cdot [\sigma]_{\text{под}}}\right)^2 \cdot \frac{T_{\text{об}}}{\psi_m}} \quad (3.6)$$

Значення $[\sigma]_{\text{под}}$ визначаємо з виразу:

$$[\sigma]_{\text{под}} = \sigma_{\text{к.д}} \cdot K_{\text{к.реж}} \quad (3.7)$$

де - $\sigma_{\text{к.д}} = 900$ МПа;

$$K_{\text{к.реж}} = 1,2 \cdot \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_0 \cdot P}{60 \cdot T_P \cdot n_P}} \quad (3.8)$$

$$K_{\text{к.реж}} = 1,2 \cdot \sqrt[6]{\frac{1,7 \cdot 10^8 \cdot 1,1}{60 \cdot 10^4 \cdot 200}} = 1,27$$

$$[\sigma]_{\text{под}} = 900 \cdot 1,27 = 1143 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{\text{под}} = 900 \cdot 1,27 = 1143 \text{ МПа}$$

Тоді значення міжосьової відстані буде становити:

$$A_{\text{розр}} = 10 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{4 \cdot 1143}\right)^2 \cdot \frac{44,6}{0,15}} = 59,9 \text{ мм}$$

Для перевірки визначаємо величину міжосьової відстані, яка може бути отримана при розрахунковому модулі передачі:

$$A = \frac{m \cdot (Z_1 + Z_2)}{2} \quad (3.9)$$

$$A = \frac{2 \cdot (18 + 72)}{2} = 90 \text{ мм}$$

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Згідно проведених розрахунків величина $A > A_{розр}$, тому вибране значення модуля $m = 2$ гарантовано забезпечує працездатність передачі (як по згинній, так і по контактній міцності).

Згідно існуючих рекомендацій модулі усіх інших передач в коробці передач з технологічних міркувань приймемо таким же, відповідно міжосьові відстані між іншими валами визначаємо на основі прийнятого модуля.

Конструювання параметрів зубчастих коліс представимо у вигляді ескізу одного із коліс коробки швидкостей (рис. 5.8).

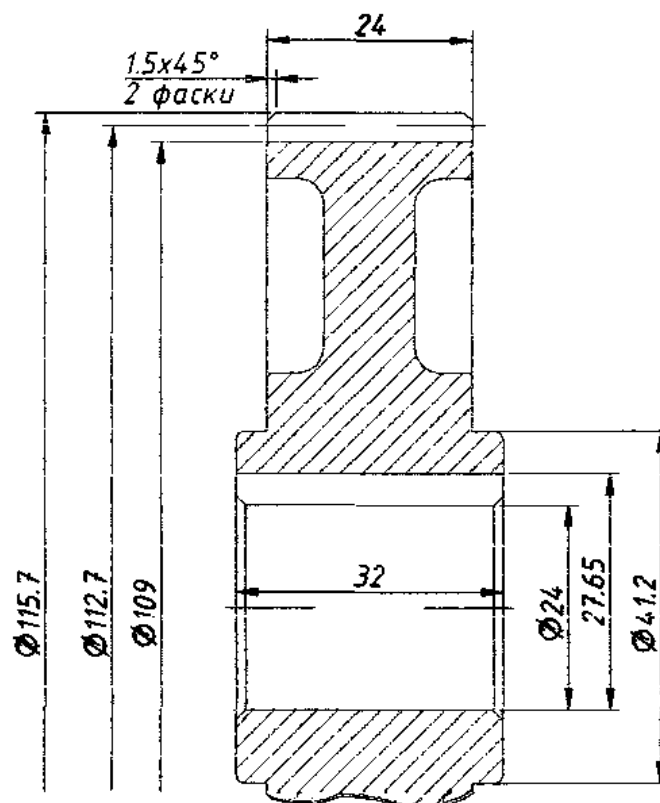


Рис. 3.4. Ескіз колеса коробки швидкостей

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.2.3 Орієнтовний розрахунок конструктивних параметрів проміжних валів приводу

Даний розрахунок проводимо для третього (проміжного) валу коробки швидкостей. При цьому за основу береться вітка по якій передається найбільший крутний момент. При виконанні даного розрахунку застосуємо програму «Комплекс инженерных расчетов» (рис. 3.5).

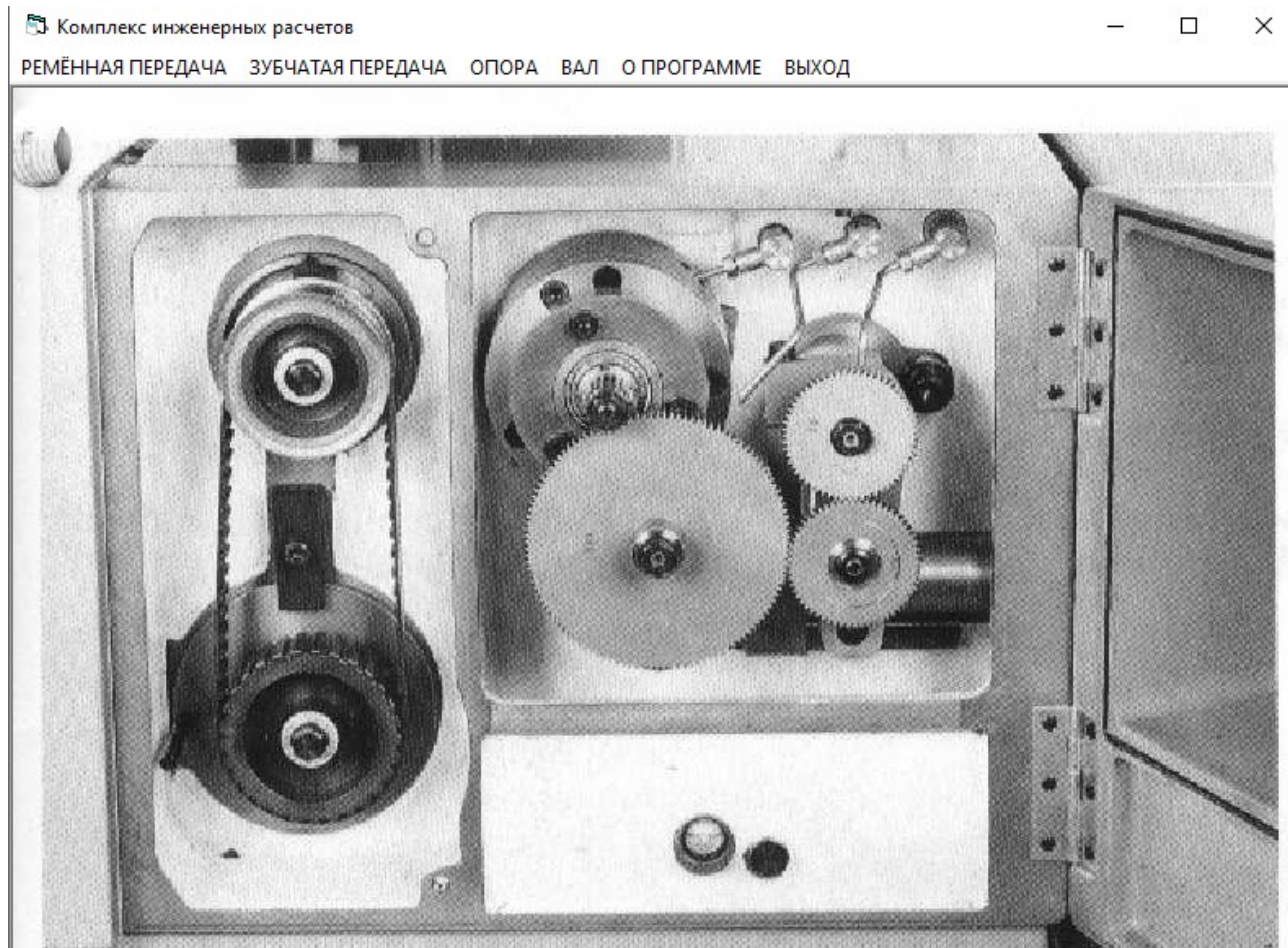


Рис. 3.5. Вітальне вікно програми

На рис. 3.6 приведено заповнені поля із вихідними даними по яких проводився розрахунок.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

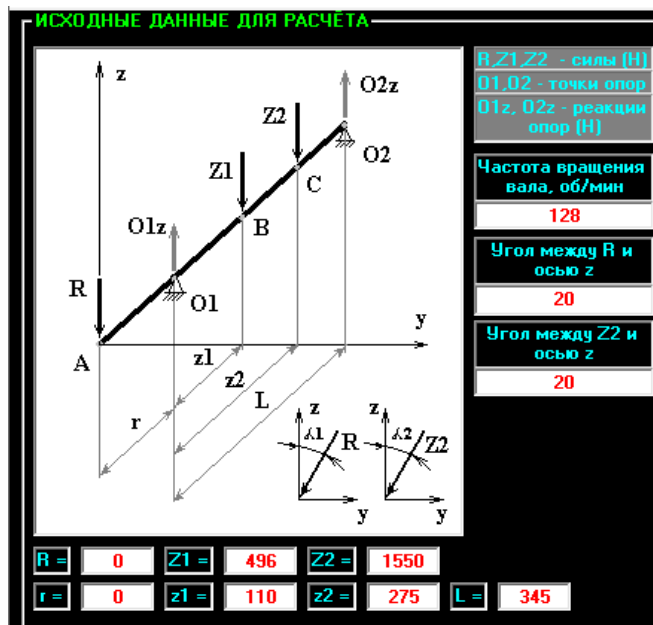
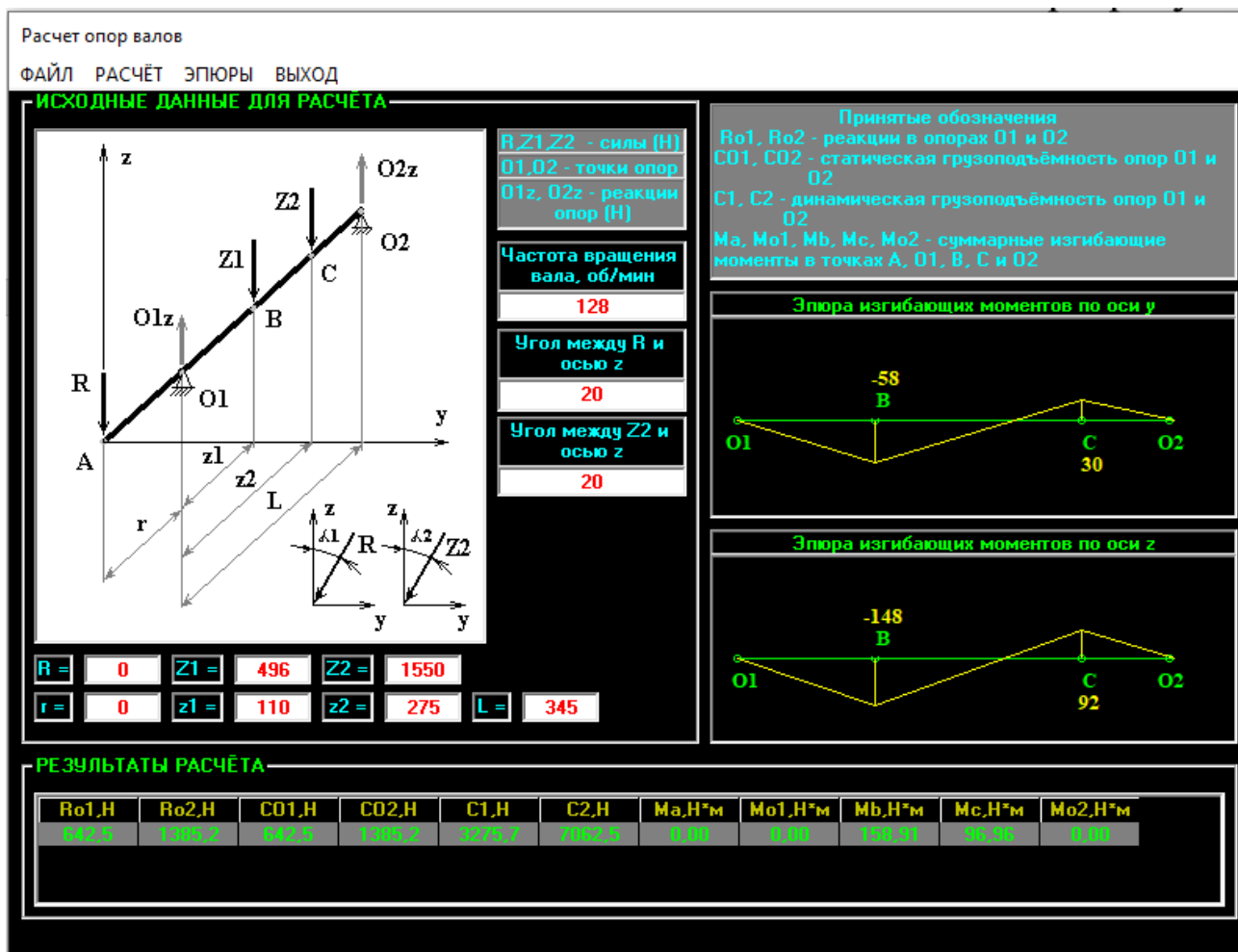


Рис. 3.6. Вихідні дані для розрахунку



На рис. 3.7. виведені результати проведених програмою обчислень.

На основі даних розрахунків розробляємо ескіз проектованого валу (див. рис. 3.8).

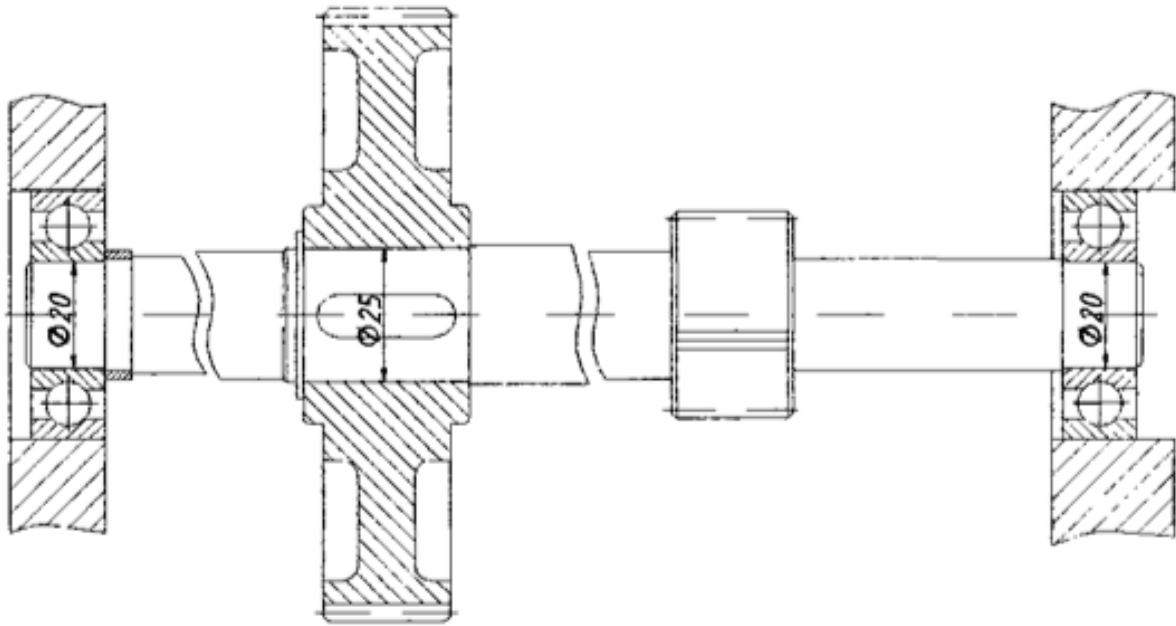


Рис. 3.8. Ескіз проектованого валу

3.2.4 Розрахунок та підбір підшипників в якості опор валів приводу

При підборі підшипників, які можуть використовуватися в якості опор для валу коробки швидкостей, вихідні дані беремо із попередньо проведених розрахунків.

Приймаємо значення ресурсу роботи підшипників $L_{\text{під}} = 20000$ год.

Оскільки на валу відсутні осьові навантаження, то в якості опор валу приймаємо однорядні кулькові підшипники легкої серії марки 204 згідно ГОСТ 8338-75. Дані підшипники характеризуються наступними параметрами [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

- величина динамічної вантажопідйомності $C = 10000$ Н;
- величина статичної вантажопідйомності $C_0 = 10000$ Н

Так як осьові навантаження на підшипники відсутні, то приймаємо в якості опор валу радіальні однорядні кулькові підшипники легкої серії марки 204 згідно

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

ГОСТ 8338-75. Для даних підшипників динамічна вантажопідйомність $C=10000\text{H}$, статична – $C_0=6300\text{H}$;

Для розрахунку еквівалентного динамічного навантаження підшипника скористаємось аналітичним виразом:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_0) \cdot K_\delta \cdot K_T \quad (3.10)$$

де X, Y – коефіцієнти, що характеризують радіальне та осьове навантаження;

F_r, F_0 – значення радіального та осьового навантаження, Н; $F_r = 1393,6$ Н;

K_δ – значення коефіцієнту безпеки при нормальному навантаженні, $K_\delta = 1$;

K_T – температурний коефіцієнт, приймаємо $K_T = 1$;

V – коефіцієнт, який враховує яке кільце підшипника обертається, $V = 1$.

Оскільки осьове навантаження відсутнє, то коефіцієнти $X = 1$, а $Y = 0$.

Підставивши значення отримаємо:

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 1396,3 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 1393,6 \text{ Н}$$

Для розрахунку довговічності підшипника скористаємось виразом:

$$L_{\text{п}} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (3.11)$$

де n – частота обертання валу, об/хв;

p – коефіцієнт, що враховує форму тіл кочення.

Для даного обраного підшипника:

$$L_{\text{п}} = \frac{10^6}{60 \cdot 320} \cdot \left(\frac{10000}{1393,6}\right)^3 = 19243,5 \text{ год.}$$

Вибраний нами підшипник задовольняє поставлені вимоги.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.3. Розрахунок ходового гвинта верстату

3.3.1. Аналітичний розрахунок ходового гвинта

На розроблюваній конструкції фрезерного верстату використовується гвинтова передача, вона дозволяє здійснити перетворення обертового руху валів механізму подач в поступальний рух фрезерного столу.

Ходовий гвинт під час своєї роботи сприймає навантаження від осьової сили. Ця сила складається із зусилля подачі P_x та сумарної сили тертя механізму руху фрезерного стола.

В літературі подано методику силового розрахунок ходового гвинта, яка передбачає розрахунки на міцність, зносостійкість та стійкість [19].

На основі розрахункової схеми (див. рис. 3.9) і попередньо прийнятих вихідних даних проведемо розрахунок даної передачі.

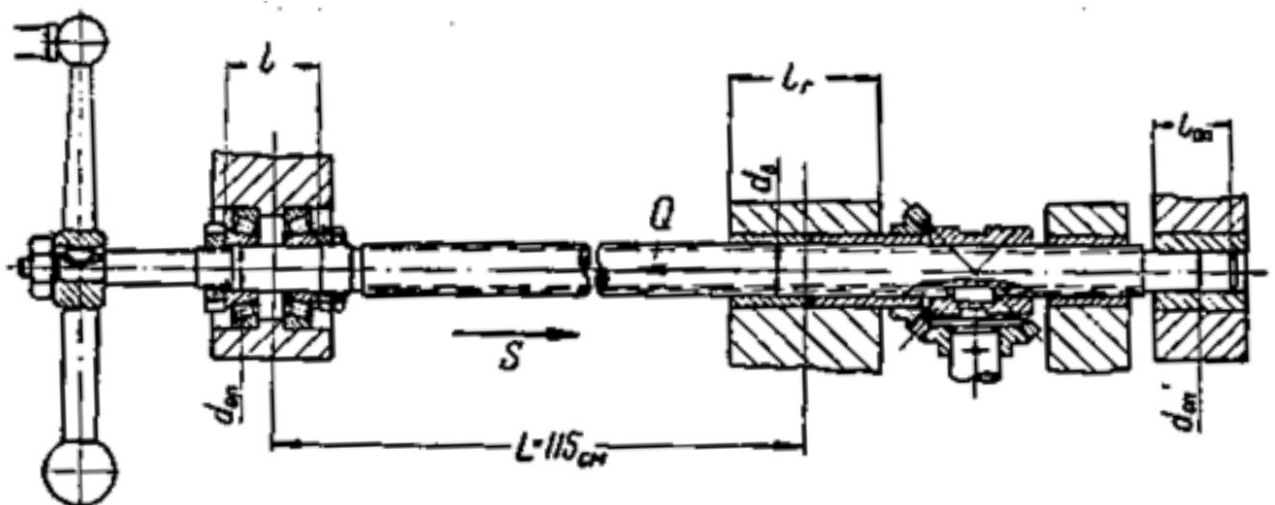


Рис. 3.9. Розрахункова схема ходового гвинта

Вихідними даними для розрахунку є значення:

- тягового зусилля на гвинті Q , приймаємо $Q = 2000$ кг;
- зовнішнього діаметра гвинта d , приймаємо $d = 4$ см;
- значення внутрішнього діаметра гвинта d_1 , приймаємо $d_1 = 3,3$ см;
- значення кроку гвинтової лінії різі $t_{x.гв.}$, приймаємо $t_{x.гв.} = 0,6$ см;

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- значення числа заходів різі z , приймаємо $z = 1$;
- значення довжини гайки, яке приводить в поступальний рух гвинт l , приймаємо $l = 18$ см;
- матеріал гвинта - Сталь 40Х, для якої $\sigma_T = 8000$ кг/см² (границя текучості), а модуль пружності матеріалу $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см².

Для проведення розрахунку на міцність слід попередньо визначити середній діаметр різі, для цього скористаємось виразом [19]:

$$d_{cp} = (d + d_1) \cdot 0,5 \quad (3.12)$$

$$d_{cp} = (4 + 3,3) \cdot 0,5 = 3,65 \text{ см}$$

Знайдемо значення кута підйому гвинтової лінії різі [19]:

$$\beta = \arctg \frac{t_{x.гв.}}{\pi \cdot d_{cp}} \quad (3.13)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо:

$$\beta = \arctg \frac{0,6}{3,14 \cdot 3,65} = 3^\circ$$

Далі слід провести розрахунок ККД гвинтової передачі:

$$\eta = \frac{\tan \beta}{\tan(\beta + \rho)} \quad (3.14)$$

Після підстановки отримаємо:

$$\eta = \frac{\tan 3}{\tan(3 + 7)} = 0,298$$

Перейдемо до розрахунку площі перетину гвинта:

$$F = 0,785 \cdot d_1^2 \quad (3.15)$$

В результаті підстановки отримаємо:

$$F = 0,785 \cdot 3,3^2 = 8,6 \text{ см}^2$$

Значення приведеної напруги в матеріалі гвинта будемо визначати за формулою:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{Q}{F} \cdot \sqrt{1 + 1,6 \cdot \left(\frac{t_{\text{х.гв.}}}{\eta \cdot d_1}\right)^2} \leq [\sigma] \quad (3.16)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження в матеріалі гвинта, для його визначення скористаємось виразом:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{3 \div 5} \quad (3.17)$$

Для обчислень приймаємо значення коефіцієнту 4, тоді отримаємо:

$$[\sigma] = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ кГ/см}^2$$

Тоді значення приведеної напруги буде становити:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{2000}{8,6} \cdot \sqrt{1 + 1,6 \cdot \left(\frac{0,6}{0,298 \cdot 3,3}\right)^2} = 300 \text{ кГ/см}^2 \leq [\sigma]$$

Здійснимо розрахунки на зносостійкість.

Для цього спочатку визначаємо робочу висоту гвинта різі ходового гвинта:

$$d_2 = \frac{(d - d_1)}{2} \quad (3.18)$$

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Підставивши у вираз вихідні дані отримаємо:

$$d_2 = \frac{(4 - 3,3)}{2} = 0,35 \text{ см}$$

На наступному кроці знайдемо середній питомий тиск, який виникає на робочих поверхнях різі (дана величина характеризує зносостійкість ходового гвинта). Для цього скористаємось виразом:

$$p = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q \cdot t_{\text{х.гв.}}}{l \cdot z \cdot d_{\text{ср}} \cdot t_2} \leq [p] \text{ кг/см}^2 \quad (3.19)$$

де $[p]$ - допустиме значення середнього питомого тиску, його вибираємо на основі табличних даних, $[p] = 120 \text{ кг/см}^2$.

Підставивши дані отримаємо:

$$p = \frac{1}{3,14} \cdot \frac{2000 \cdot 0,6}{18 \cdot 1 \cdot 3,65 \cdot 0,35} = 17 \text{ кг/см}^2 \leq 120 \text{ кг/см}^2$$

Здійснимо розрахунок на стійкість.

Для проведення такого розрахунку спочатку необхідно визначити розрахунковий момент інерції (до уваги береться поперечний переріз гвинта):

$$I_{\text{розр}} = 0,01 \cdot \left(2 + 3 \cdot \frac{d}{d_1}\right) \cdot d_1^4 \quad (3.20)$$

Підставивши дані отримані на основі попередніх розрахунків отримаємо:

$$I_{\text{розр}} = 0,01 \cdot \left(2 + 3 \cdot \frac{4}{3,3}\right) \cdot 3,3^4 = 6,7 \text{ см}^4$$

Подаємо характеристики опор гвинта:

- для лівої опори $\lambda_{\text{оп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{d_{\text{оп}}} = \frac{18}{3,675} = 4,95$
- для правої опори $\lambda_{\text{оп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{d_{\text{оп}}} = \frac{4,5}{2,4} = 1,875$

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

На основі характеристик опор гвинта вибираємо схему заклинювання та коефіцієнт защемлення гвинта. Якщо λ однієї з опор перебуває в межах $1,5 \div 3$, а другої > 3 , то приймаємо наступне значення коефіцієнту защемлення:

$$m = 10.$$

Далі розраховуємо розрахунковий запас стійкості:

$$n_y = m \cdot \frac{E \cdot I_{\text{розр}}}{Q \cdot L^2} \quad (3.21)$$

Виконавши підстановку отримаємо:

$$n_y = 10 \cdot \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 6,7}{2000 \cdot 115^2} = 5$$

Згідно даних приведених [19] коефіцієнт запасу стійкості ходового гвинта для горизонтальних гвинтів знаходиться в межах 3,0-5,0. Умова стійкості виконується.

3.3.2. Автоматизований розрахунок ходового гвинта

Для проведення автоматизованого розрахунку ходового гвинта скористаємось програмою «Справочник конструктора 3.0», він є одним із складових модулів програмного комплексу «Компас». При запуску цієї програми спочатку з'являється вікно привітання (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Початкове вікно завантаження програми

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

На наступному кроці ми обираємо тип розрахунку та формуємо вхідні дані (рис. 3.11).




Исходные данные	
 Расчёт ходовых винтов	
Тяговое усилие, Н	Q = <input type="text" value="20000"/>
Наружный диаметр винта, мм	d = <input type="text" value="40"/>
Внутренний диаметр винта, мм	d ₁ = <input type="text" value="33"/>
Ход винтовой линии, мм	S = <input type="text" value="6"/>
Число заходов резьбы	z = <input type="text" value="1"/>
Длина гайки, мм	l = <input type="text" value="180"/>
Длина винта, мм	L = <input type="text" value="1150"/>
Допускаемое напряжение в материале винта, МПа	[σ _в] = <input type="text" value="80"/>
Угол трения	ρ = <input type="text" value="3"/> ° <input type="text" value="0"/> ' <input type="text" value="0"/> "
Коэффициент m	m = <input type="text" value="10"/>
Коэффициент отношения наружного и внутреннего диаметров винта	<input type="text" value="2"/> 
Модуль продольной упругости материала винта, МПа	E = <input type="text" value="200000"/> 

Рис. 3.11. Формування початкових даних для розрахунку

Результати розрахунку приведені на рис. 3.12. Програма передбачає передачу результатів розрахунку в інші додатки (рис. 3.13).

Результаты расчета



Расчёт ходовых винтов

Угол подъёма винтовой линии резьбы	$\beta =$	2 ° 59 ' 43 "
КПД передачи	$\eta =$	0,49823
Расчётная площадь сечения винта, кв.мм.	$F =$	855,2986
Приведённое напряжение винта, МПа	$\sigma_{пр} =$	25,75465
Рабочая высота витка резьбы, мм	$t_2 =$	3,5
Среднее давление на рабочих поверхностях резьбы, МПа	$q =$	1,66111
Расчётный момент инерции поперечного сечения винта, мм ⁴	$J_{расч} =$	28749,6
Расчётный запас устойчивости	$n_y =$	2,17388

Рис. 3.12. Результаты розрахунку

Отчет - [Расчёт ходовых винтов]

Точность: 5

Наименование	Обозначение	Значение
Тяговое усилие, Н	Q	20000.0
Наружный диаметр винта, мм	d	40.0
Внутренний диаметр винта, мм	d1	33.0
Ход винтовой линии, мм	S	6.0
Число заходов резьбы	z	1.0
Длина гайки, мм	l	180.0
Длина винта, мм	L_	1150.0
Допускаемое напряжение в материале винта, МПа	sigma_v	80.0
Угол трения	ro	3.0
Коэффициент m	m	10.0
Коэффициент отношения наружного и внутреннего диаметров винта	k	2.0
Модуль продольной упругости материала винта, МПа	E	200000.0
Угол подъёма винтовой линии резьбы	beta	2.99526508436
КПД передачи	hi	0.498234359162
Расчётная площадь сечения винта, кв.мм.	F	855.29859994
Приведённое напряжение винта, МПа	sigma_pr	25.7546469281
Рабочая высота витка резьбы, мм	t2	3.5
Среднее давление на рабочих поверхностях	q	1.66110834277

Отмена Справка

Рис. 3.13. Вікно виводу даних результатів розрахунку

Нижче приведені результати розрахунку експортовані в Word.

Розрахунок ходових гвинтів

Назва	Позначення	Значення
Тягове зусилля, Н	Q	20000
Зовнішній діаметр гвинта, мм	d	40
Внутрішній діаметр гвинта, мм	d1	33
Крок гвинтової лінії, мм	S	6
Число заходів різі	z	1
Довжина гайки, мм	l	180
Довжина гвинта, мм	L	1150
Допустима контактна напрута в матеріалі гвинта, МПа	σ_v	80
Кут тертя	ro	3
Коефіцієнт m	m	10
Коефіцієнт відношення зовнішнього та внутрішнього діаметрів гвинта	k	2
Модуль повздовжньої пружності матеріалу гвинта, МПа	E	200000
Кут підйому гвинтової лінії різі	beta	2,99527
ККД передачі	hi	0,49823
Розрахункова площа січення гвинта, мм ² .	F	855,2986
Приведена напрута гвинта, МПа	σ_{pr}	25,75465
Робоча висота витка різі, мм	t2	3,5
Середній тиск на робочих поверхнях різі, МПа	q	1,66111
Розрахунковий момент інерції поперечного січення гвинта, мм ⁴	Jc	28749,6
Розрахунковий запас стійкості	nu	2,17388
Середній діаметр гвинта, мм	d2	36,5

На основі приведених розрахунків здійснено конструювання тягового пристрою верстату.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація роботи робочого місця верстатника

Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи. Робоче місце, яке організоване згідно з вимогами стандартів, забезпечує комфортне положення людини. Це досягається регулюванням крісла, висоти та кута нахилу підставки для ніг. За умови їх використання, або висоти розмірів робочої поверхні. Повинне забезпечуватися виконання трудових операцій в зонах моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності) в залежності від необхідної точності і частоти дії.

Організація робочих місць повинна забезпечувати [20]:

- достатній робочий простір, який дозволяє працюючій людині здійснювати необхідні рухи та переміщення;
- достатні фізичні, зорові та слухові зв'язки між людиною та обладнанням, а також між людиною під час загального трудового завдання;
- необхідний рівень освітлення;
- допустимий рівень шуму і вібрації та інші шкідливості, які генерує обладнання праці та інші джерела;
- наявність необхідних засобів праці та захисту;
- оптимальне розташування робочих місць, а також безпечні та допустимі проходи для працюючих.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Рудницький М.Ю.</i>			БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ					
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>						<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Реценз.</i>									45	6
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>								

Органи керування повинні забезпечувати перехід дій від людини до машини. Вони повинні бути надійними у роботі та легкими і зручними у користуванні, не допускати аварій, травм при перенавантаженнях та помилкових діях людини. Вони мають давати мають захист від випадкового довільного вимикання (механічний опір, блокування, тощо).

Загальні принципи формування робочого місця [20]:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого, всі для роботи предмети повинні знаходитись поруч з працівником, але не заважати;
- ті предмети, котрими користуються частіше, розташовують ближче, ніж ті предмети котрими користуються рідше;
- предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва, а ті предмети котрі беруть правою рукою повинні знаходитись з права – якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з врахуванням зручності захоплення його обома руками;
- небезпечніше, з точки зору можливостей травмувати працівника, обладнання повинно розташовуватись вище, ніж предмети менш небезпечні. Однак слід враховувати, що важкі предмети під час роботи зручніше та легше опускати, ніж піднімати;
- робоче місце не повинно захищатися заготовками і готовими деталями;
- організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну освітленість.

Засоби відображення інформації повинні бути розташовані в зонах інформаційного положення робочого місця з врахуванням частоти та значущості інформації, типу засобів відображення інформації, точності і швидкості спостереження та зчитування.

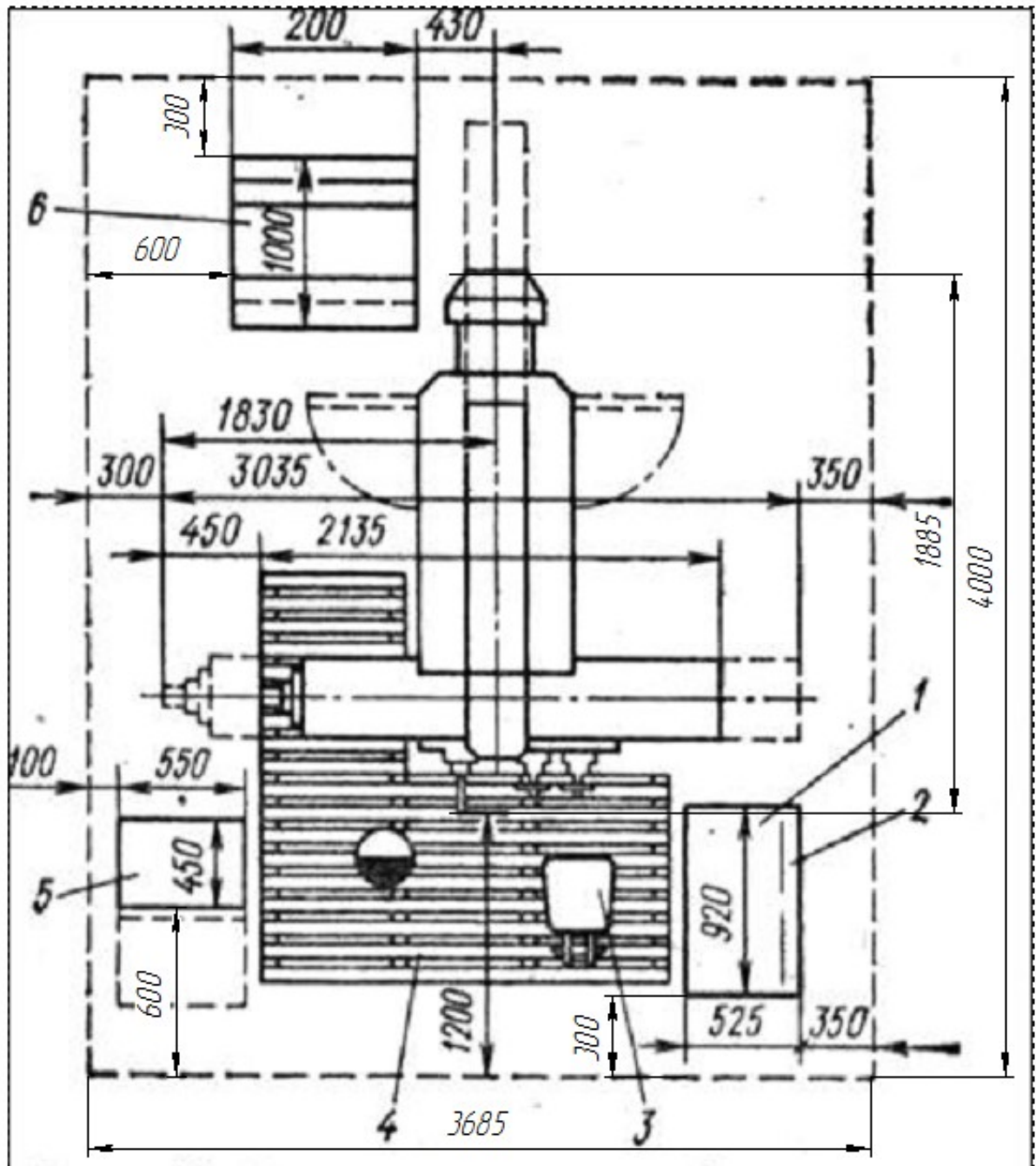
Розглянемо організацію робочого місця на фрезерному верстаті.

На широкоуніверсальному фрезерному верстаті проводять наступні роботи:

- фрезерування площин;
- фрезерування пазу.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

На рис. 4.1 зображено варіант організації робочого місця верстатника який обслуговує широкоуніверсальний фрезерний верстат. Це місце складається з шести елементів.



1 – тумбочка інструментальна; 2 – пуопітр для документації; 3 – крісло робоче; 4 – решітка для ніг; 5 – столик приймальний; 6 – стелаж для пристосувань

Рис. 4.1. Організація робочого місця на широкоуніверсальному фрезерному верстаті

						КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

4.2 Ультразвук та інфразвук і його вплив на організм людини

Допустимі рівні ультразвуку в місцях контакту частин тіла оператора з робочими органами машин не повинні перевищувати 110 дБ.

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.

Для захисту від ультразвуку, котрий передається через повітря, застосовується метод звукоізоляції. Звукоізоляція ефективна в області високих частот. Між обладнанням та працівниками можна встановлювати екрани. Ультразвукові установки можна розташовувати в спеціальних приміщеннях. Ефективним засобом захисту є використання кабін з дистанційним керуванням, розташування обладнання в звукоізолюваних 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 людина не чує, однак пізніше 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.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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. Неефективні 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.
- 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.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ВИСНОВКИ

1. При здійсненні огляду літератури було розглянуто методику, що дозволяє здійснити формалізований синтез структури ТП механічної обробки, її використання дає змогу сформувавши від 20 до 30 варіантів обробки ступінчастого валу. Також були виявлені основні фактори які визначають трудомісткість обробки деталей.

2. Розроблено оптимальний технологічний процес обробки деталі «Вал 2022.14.27». Для розробленого ТП запропоновано для використання високопродуктивне технологічного обладнання. В роботі проведено розрахунки та призначені режими різання для усіх технологічних операцій, це здійснено аналітичними та табличними методами, а також з використанням засобів САПР.

3. В роботі проведено кінематичний розрахунок, на його основі розроблено кінематичну схему верстату.

4. Проведено детальний кінематичний розрахунок вертикальної головки, для якої здійснено вибір двигуна. Джерелом руху вертикальної головки є двигун постійного струму потужністю $N = 1.1$ кВт (з номінальною частотою обертання $n = 1430$ об/хв).

5. В роботі здійснено розрахунок ходового гвинта верстату, він передбачав розрахунки на міцність, зносостійкість та стійкість. Розрахунки показали, що прийняті геометричні параметри передачі відповідають усім вимогам.

6. З використанням засобів САПР здійснено автоматизовані розрахунки конструктивних параметрів проміжних валів приводу вертикальної головки та автоматизований розрахунок ходового гвинта.

7. В роботі висвітлені питання охорони праці, дано практичні рекомендації по організації робочого місця фрезерувальника, який обслуговує широкоуніверсальний фрезерний верстат.

8. Також визначено яку дію чинить ультразвук та інфразвук на організм людини. Запропоновані заходи по усуненню їх шкідливої дії.

					<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Рудницький М.Ю.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>				<i>51</i>	<i>1</i>
<i>Реценз.</i>					<i>ВИСНОВКИ</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>					

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
2. Кузнецов Ю. М., Крижанівський В. А., Склярів Р. А. Сучасний стан, прогнозування і перспективи розвитку верстатів з паралельною кінематикою // Зб. наукових праць «Процеси механічної обробки в машинобудуванні». - ЖДТУ, 2005. - Вип. 1. – С. 320 – 333.
3. 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>
4. Склярів Р., Шанайда В. Використання багатofункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, С. 69.
5. Кузнецов Ю. М., Склярів Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
6. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения; под общей ред. Шуба В.Г. – М.: Издательство стандартов, 1976.
7. Войтенко В. І. Формалізований синтез структури технологічних процесів механічного оброблення деталей машинобудування. Матеріали науково-технічної конференції "Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта", 2018,- С. 153-156.- Режим доступу: http://confopcb.iee.kpi.ua/public/conferences/29/2018/Tezis_2018_t1_s_4_6.pdf#page=18

<i>КРБ 20-211.00.00.000.ПЗ</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Рудницький М.Ю.		
Перевір.		Склярів Р.А.		
Реценз.				
Н. Контр.		Кодельник В.Р.		
Затверд.		Кодельник В.Р.		
<i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</i>				
		Лит.	Арк.	Аркушів
		52	3	
ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВс-41, м. Тернопіль				

8. Карпусь, В. Є., Карпусь, В. Е., Котляр, О. В., Котляр, А. В., Іванов, В. О. Багатокритеріальна оптимізація технологічних процесів механічної обробки та верстатних пристроїв. Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 117/2011. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. — Севастополь, 2011.- С. 64-71.

9. Григор'єва І. В., Крижанівська І. В. Автоматизоване прогнозування трудомісткості обробки деталей на верстатах з ЧПУ за допомогою нейронних мереж. Вісник ЖДТУ. Серія" Технічні науки", (1 (48)), С. 145-151.

10. Гевко І. Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І. Б. Гевко, Р. Я. Лещук, І. І. Стойко, Н. М. Марчук, М. Д. Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.– Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.

11. Луців І. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками / І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1997, т.2, №1, с.78-84.

12. Луців І. Кінематичні особливості багатолезової адаптивної обробки/ І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1998, т.3, №4, с.107-111.

13. Добрыднев И. С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». М.: Машиностроение, 1985.

14. Справочник технолога-машиностроителя (в 2-х т.) / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1985, - 656 с. Т1

15. Калькулятор режимов резания "Walter" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mac.walter-tools.com/#menu/home>

16. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование. Учеб. пособие для вузов — Мн.: Выш, шк., 1991,- 382 с.

17. 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 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

18. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Высш. школа. 1989.- 447 с.

19. Ачеркан Н.С. и др. Металлорежущие станки. Том 2, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1965. – 628 с.

20. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под. ред. Русака А. А. – Л.: Машиностроение, – 1989 г. – 541 с.

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Призначення режимів різання табличним способом

Назва операції	Зміст переходу	t, мм	L, мм	i	S_o , $\frac{мм}{об}$	V_d , $\frac{м}{хв.}$	n_d , $\frac{об}{хв.}$	N_e , кВт	$N_{e < N_{шт}}$ кВт	T_o , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Фрезерно-центрувальна	1. Фрезерувати два торці одночасно з двох сторін, витримуючи розмір 502,5мм	2,75	55	1	0,08	89	355	2,7	2,7 < 17,3	0,36
	2. центрувати два торці одночасно з двох сторін, витримуючи розміри $\varnothing 6,3$; $\varnothing 13,2$; 8мм; 5,98мм; $\angle 60^\circ$	3,15	13,5	1	0,06	19,8	1000	0,7	0,7 < 17,3	0,12 5
015 Токарна з ЧПК	1. Підрізати торець $\varnothing 55h9/\varnothing 48h7$ витримуючи розмір 108мм.	2,05	55	1	0,5	86,4	500	3,4	3,4 < 8	0,03
	2. Підрізати торець $\varnothing 65h9/\varnothing 55k6$ начорно, в розмір 247 мм і 63 мм;	1,4	65	1	0,55	81,6	400	3,4	3,4 < 8	0,04
	3. Підрізати торець $\varnothing 80/\varnothing 65h9$ в розмір 10 мм;	2	80	1	0,55	79,1	315	3,4	3,4 < 8	0,04
	4. Точити. $\varnothing 48h6$, начорно в розміри $\varnothing 49,8h14$, 108 мм,	1,35	108	1	0,5	78,2	500	3,4	3,4 < 8	0,45
	5. Точити поверхню $\varnothing 65h9/\varnothing 55k6$ начорно в розмір $\varnothing 56,8h14$; 247,85мм і 104,65 мм	1,35	181	1	0,5	89,2	500	3,4	3,4 < 8	0,44
015 Токарна з ЧПК	6. Точити поверхню $\varnothing 65h9$ начорно в розмір $\varnothing 67h14$ і 63мм	1,25	38	1	0,55	84,2	400	3,4	3,4 < 8	0,26
	7. Підрізати торець $\varnothing 65h9/\varnothing 55k6$ начисто, в розмір 247 мм і 63 мм;	0,85	65	1	0,1	128,6	630	3,1	3,1 < 8	0,14
	8. Точити. $\varnothing 48h6$, начисто в розміри $\varnothing 48,4h11$, т 108 мм.	0,7	108	1	0,1	121,6	800	3,1	3,1 < 8	1,43
	9. Точити поверхню $\varnothing 65h9/\varnothing 55k6$ начисто в розмір $\varnothing 55,4h11$; 105,5 мм	0,7	181	1	0,1	139,2	800	3,1	3,1 < 8	1,37
	10. Точити поверхню $\varnothing 65h9$ начисто в розмір $\varnothing 65,4h11$ і 63мм	0,8	38	1	0,35	102,6	500	2,9	2,9 < 8	0,33
	11. Точити фаску $1,6 \times 45^\circ$ в розмір	1,1	1,6	1	0,35	102,6	500	1,2	1,2 < 8	0,03
	12. Точити 2 фаски $4 \times 15^\circ$ витримуючи розмір 4мм	1,03	4	1	0,35	102,	500		1,2 < 8	0,08
	13. Точити 2 фасонні поверхні витримуючи розмір R0.6, R2 мм;	2	1	1	0,1	139,2	800	1,0	1,0 < 8	0,03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020	шпоночно-фрезерна 1. Фрезерувати шпоночки паз $b = 14N9$ мм в розмір $42,5_{-0,2}$, 94 мм, 7 мм.	0,2	94	28	-	25,8	595	0,8	$0,8 < 2$	7,1
025	шпоночно-фрезерна 1. Фрезерувати шпоночки паз $b = 20N9$ мм в розмір $62,5_{-0,2}$ 5 мм, 90 мм.	0,2	90	38	-	27,4	436	1,0	$1,0 < 2$	10,1
030	Вертикально-свердильна 1. Свердлити 2 отв. $\varnothing 7$ мм витримуючи розмір 12 мм, $\varnothing 3,5$ мм $\angle 120^\circ$	3,5	7	1	0,2	30,8	1400	0,4	$0,4 < 3,2$	0,06
035	Радіально-свердильна 1. Свердлити 2 отв. $\varnothing 6,9$ мм витримуючи розмір 16 мм, 30 мм	3,45	16	1	0,224	21,7	1000	1,0	$1,0 < 5,5$	0,179
	2. Зенкувати 2 фаски в 2-х отв. $\varnothing 6,9$ мм витримуючи розмір $\varnothing 8,4$ мм $\angle 120 \pm 1^\circ$	0,75	2	1	0,45	16,6	630	0,2	$0,2 < 5,5$	0,006
	3. Нарізати різьбу M8 – 7H в 2-х отв. Витримуючи розмір 30 мм і 13,8 мм	-	13,8	1	-	7,9	315	0,17	$0,17 < 5,5$	0,157
040	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ начорно, витримуючи розмір $\varnothing 65,2h11$ і 28 мм	0,2	61	-	$S_p = 0,01$	40	205	5,9	$5,9 < 14,8$	0,12
	2. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ начисто, витримуючи розмір $\varnothing 65,08h10$ і 28 мм	0,12	61	-	$S_p = 0,0035$	30	147	2,1	$2,1 < 14,8$	0,33
	3. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ тонко, витримуючи розмір $\varnothing 65h9$ і 28 мм	0,08	61	-	$S_p = 0,001$	20	98	0,12	$0,12 < 14,8$	1,31
055	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ однократно, витримуючи розмір 38 мм	0,3	61	-	$S_p = 0,01$	40	195	6,5	$6,5 < 14,8$	0,2
060	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню $\varnothing 70h9$ однократно, витримуючи розмір 118 мм	0,3	118	-	$S_{np} = 20$ мм/об $S_{non} = 0,0065$ мм/дв.х	25	113	1,2	$1,2 < 14,8$	1,36

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ

Арк.

57

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
065 Кругло-шліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 48h6$ начорно, начисто, витримуючи розмір 108 мм	0,25	108	$S_{np} = 20 \text{ мм/об}$ $S_{non} = 0,0065 \text{ мм/дв.х}$	18	118	1,01	$1,01 < 14,8$	0,68
070 Круглошліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 55h9$ начорно, начисто, тонко, витримуючи розмір 60,9 мм	0,15	80	$S_{np} = 8 \text{ мм/об}$ $S_{non} = 0,004 \text{ мм/дв.х}$	35	232	0,8	$0,8 < 14,8$	1,31
		0,2	80	$S_{np} = 28 \text{ мм/об}$ $S_{non} = 0,007 \text{ мм/дв.х}$	18	104	1,0	$1,0 < 14,8$	0,21
075 Круглошліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 55k6$ начорно і начисто, витримуючи розмір 45 мм	0,12	42	$S_{np} = 20 \text{ мм/об}$ $S_{non} = 0,0065 \text{ мм/дв.х}$	35	202	0,65	$0,65 < 14,8$	0,19
		0,08	42	$S_{np} = 20 \text{ мм/об}$ $S_{non} = 0,0065 \text{ мм/дв.х}$	55	318	0,4	$0,4 < 14,8$	1,23
		0,25	42	$S_p = 0,01$	40	230	6,3	$6,3 < 14,8$	0,0136
080 Кругло-шліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ начорно, начисто, тонко, витримуючи розмір 28 мм	0,15	38	$S_p = 0,01$	30	173	2,2	$2,2 < 14,8$	0,4
		0,2	38	$S_p = 0,01$	40	205	2,2	$2,2 < 14,8$	0,12
085 Кругло-шліфувальна	1. Шліфувати поверхню $\varnothing 65h9$ однократно, витримуючи розмір 35 мм	0,12	63	$S_p = 0,01$	30	147	5,9	$5,9 < 14,8$	0,33
		0,08	63	$S_p = 0,01$	20	98	2,1	$2,1 < 14,8$	1,51
		0,3	63	$S_p = 0,01$	40	195	6,5	$6,5 < 14,8$	0,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ

Арк.

58

Технічні характеристики задіяного обладнання

Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. МРТ1-М.

Його технічні характеристики:

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	25-125
Довжина оброблюваної заготовки, мм	200-500
Число швидкостей шпинделя фрези	6
Межі чисел обертів шпинделя фрези , об/хв	125-712
Найбільший хід фрезерної головки, мм	220
Межі подач, мм/хв	20-40
Число швидкостей свердлильного шпинделя	6
Межі чисел обертів свердлильного шпинделя, об/хв	238-1125
Хід свердлильної головки, мм	75
Межі робочих подач свердлильної головки, мм/хв	20-300
Тривалість холостих ходів, хв	0,3
Потужність електродвигунів, кВт:	
- фрезерної головки	7,5/10
- свердлильної головки	2,2/3
Габарити верстата, мм	
- довжина - ширина	3140-1630
Категорія ремонтоскладності	7

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3

Основні технічні характеристики

Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	II
Найбільший діаметр виробу, встановлюваного над станиною	500 мм
Найбільший діаметр оброблюваного виробу	
над станиною	320 мм
над супортом	200 мм
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах	1000 мм (1500 мм, 2000 мм на замовлення)
Найбільша довжина оброблюваного виробу при 8-мі позиційній головці	750 мм (1150 мм, 1750 мм на замовлення)
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі	55 мм (64 мм на замовлення)
Найбільший хід супорта	
поперечний	210 мм
поздовжній	905; 1305; 1905 мм
Максимальна рекомендована швидкість робочої подачі	
поздовжньої	2000 мм/хв
поперечної	1000 мм/хв
Кількість керованих координат	2
Кількість одночасна керованих координат	2
Точність позиціонування	0,01 мм
Повторюваність	0,003 мм
Діапазон частот обертання шпинделя	20...2500 хв ⁻¹
Максимальна швидкість швидких переміщень	
поздовжніх	15 м/хв
поперечних	7,5 м/хв
Кількість позицій інструментальної головки	8
Потужність привода головного руху	11 кВт
Габаритні розміри верстата	
довжина	3700 мм (4215, 4635)
довжина (із транспортером стружковидалення)	5160 мм
ширина	2260 мм
висота	1650 мм
Маса верстата	4000 кг

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Універсально-фрезерний верстат моделі 6Е80Ш

Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола	800×200 мм.
Найбільша маса оброблюваної заготовки	120 кг.
Найбільше переміщення стола:	
повздовжнє	560 мм.
поперечне	220 мм.
Віддаль від осі шпинделя до робочої поверхні стола	0-400 мм.
Кількість частот обертів шпинделя:	
горизонтального	12
вертикального	16
Частота обертання горизонтального шпинделя	50-2240 об/хв.
Частота обертання вертикального шпинделя	50-2500 об/хв.
Клас точності верстата по ГОСТ 8-77	П
Потужність електродвигуна приводу головного руху	1,1 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	1600 мм.
висота	2080 мм.
ширина	1875 мм.

Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н135

Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління	50 мм.
Віддаль від осі шпинделя до направляючої колони шпинделя	350-1600 мм.
Віддаль від нижнього торця шпинделя до робочої поверхні плити	200-1600 мм.
Найбільше переміщення свердлильної головки	1000 мм.
Число швидкостей шпинделя	21.
Частота обертання шпинделя	18-2000 об/хв.
Число подач шпинделя	18.
Подача шпинделя	0,05-12,50 мм/хв.
Потужність електродвигуна приводу головного руху	5,5 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	2685 мм.
ширина	1028 мм.
висота	3390 мм.

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Вертикально-свердильний верстат моделі 2Н55

Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління в сталі середньою твердості, мм	50
Виліт шпинделя (відстань від осі шпинделя до утворюючої колони), мм	450-1500
Відстань від нижнього торця шпинделя до плити, мм	470-1500
Найбільше вертикальне переміщення рукава по колоні, мм	680
Найбільше осьове переміщення шпинделя, мм	350
Конус шпинделя Морзе	5
Найбільша вага інструмента, керований противагою при найбільшій затягуванні, що допускається, кг	30
Кількість швидкостей обертання шпинделя	19
Межі чисел обертів у хвилину	30- 1700
Потужність електродвигуна привода шпинделя, кВт	4,5
Потужність електродвигуна переміщення рукава, кВт	1,7
Габарити верстата, мм	2625*968*3265
Вага верстата, кг.	4100

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Круглошліфувальний верстат 3Б161

Його технічні характеристики:

Найбільші розміри встановлюваного виробу, мм.:

Діаметр	280
Довжина	1000

Найбільший діаметр шліфування при номінальному діаметрі шліфувального кола, мм.:

у люнеті	60
без люнета	250

Найбільша довжина шліфування, мм	900
----------------------------------	-----

Вага оброблюваного виробу, кг	40
-------------------------------	----

Найбільше поздовжнє переміщення стола, мм	920
---	-----

Найменший хід стола при перемиканні упорами, мм	8
---	---

Ручне переміщення стола за один оберт маховика, мм.:

швидке	22,6
повільне	5,3

Швидкість гідравлічного переміщення стола (безступінчасте регулювання), мм/хв	100-6000
---	----------

Найбільший поворот стола, градуси:

за годинниковою стрілкою	3
проти годинникової стрілки	8

Ціна поділу шкали повороту стола в градусах	0020
---	------

Конусність, мм/м	10
------------------	----

Діаметр шліфувального кола, мм.:

найбільший	600
найменший	450

Найбільша ширина шліфувального кола, мм	63
---	----

Кількість швидкостей шпинделя шліфувальної бабки	2
--	---

Число обертів шпинделя шліфувальної бабки у хвилину	1120
---	------

	1272
--	------

Електродвигун привода шліфувального кола:

число обертів у хвилину	980
потужність, кВт	7

Величина ходу шліфувальної бабки по гвинту, мм	200
--	-----

Величина швидкого гідравлічного підведення шліфувальної бабки, мм	50
---	----

Подача на один оберт маховика, мм	0,5
-----------------------------------	-----

Величина урізної подачі на діаметр виробу, мм	1,6
---	-----

Габаритні розміри, мм.:

довжина	4100
ширина	2100
висота	1560

Вага верстату, кг	4500
-------------------	------

					<i>КРБ 20-205.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>