

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

Верстатно - інструментальне забезпечення виготовлення деталі «Корпус ОГ 1 - 12. 314» та розробка конструкцій формоутворюючих вузлів широко-універсального фрезерного верстата (комплексна тема)

Виконали: студенти

4 курсу, групи

МВ-41

спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

		Грудецький М.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
		Кішеня В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Кобельник В.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Кобельник В.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завід. кафедри		Крупа В.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Грудецькому Максиму Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно - інструментальне забезпечення виготовлення деталі «Корпус ОГ 1 - 12. 314» та розробка конструкцій формоутворюючих вузлів широко-універсального фрезерного верстата (комплексна тема)

Керівник роботи Кобельник Володимир Романович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «23» 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Корпус ОГ 1 - 12. 314»

Базовий технологічний процес обробки деталі. Верстати-аналоги.

Аналоги конструкцій коробок подач (швидкостей), шпиндельних вузлів фрезерних верстатів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина (загальна частина). Характеристика об'єкту виробництва. Аналіз

схем формоутворення 2. Технологічна частина Технологічний розрахунок. Розробка

маршрутного та операційного технологічного процесу обробки. Інструментальне забезпечення

технологічної операції. 3. Конструкторська частина Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання виконавчих (формоутворюючих) вузлів верстату

Розробка конструкції пристрою для механічної обробки

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

Пристосування для свердлильної операції – 1 ф.А1

Інструментальна наладка – 1 ф.А1

Кінематична схема верстату – 1 ф.А1

Варіанти структурних сіто коробки швидкостей та графік чисел обертів – 1 ф.А1.

Конструкція коробки швидкостей – 1 – 2 ф.А1.

Деталювання елементів коробки подач – 1 ф.А1.

[illegible][illegible]

Грудецький М.М.
(прізвище та ініціали)

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

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кішені Віталію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно - інструментальне забезпечення виготовлення деталі «Корпус ОГ 1 - 12. 314» та розробка конструкцій формоутворюючих вузлів широко-універсального фрезерного верстата (комплексна тема)

Керівник роботи Кобельник Володимир Романович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «23» 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Корпус ОГ 1 - 12. 314»

Базовий технологічний процес обробки деталі. Верстати-аналоги.

Аналоги конструкцій коробок подач (швидкостей), шпиндельних вузлів фрезерних верстатів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина (загальна частина). Характеристика об'єкту виробництва. Аналіз

схем формоутворення 2. Технологічна частина Технологічний розрахунок. Розробка

маршрутного та операційного технологічного процесу обробки. Інструментальне забезпечення

технологічної операції. 3. Конструкторська частина Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання виконавчих (формоутворюючих) вузлів верстату

Розробка конструкції пристрою для механічної обробки

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

Аналіз схем формоутворення – 1 ф.А1

Пристосування для свердлильної операції – 1 ф.А1

Загальний вигляд верстату – 1 ф.А1

Технологічні схеми базування оброблюваної деталі – 1 ф.А1.

Конструкція коробки подач – 1 – 2 ф.А1.

Конструкція вертикальної шпиндельної головки – 1 ф.А1.

Деталювання елементів вертикальної шпиндельної головки – 1 ф.А1.

[illegible][illegible]

 (підпис)

 Кішеня В.П.
(прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Грудецький М.М., Кішеня В.П. Верстатно - інструментальне забезпечення виготовлення деталі «Корпус ОГ 1-12.314» та розробка конструкцій формоутворюючих вузлів широко-універсального фрезерного верстата (комплексна тема) : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 133 — галузеве машинобудування / кер. В.Р. Кобельник. Тернопіль : факультет інженерії машин, споруд та технологій, група МВ-41.: ТНТУ, 2025.

Проаналізовано існуючі технологічні процеси виготовлення такого типу деталей. Вимог які до них ставляться. Проведений аналіз дав змогу недоліки існуючих технологій виготовлення та врахувати існуючі недоліки при проектуванні нового технологічного процесу. Здійснено ґрунтовний аналіз двох методів отримання заготовки та вибрано найекономічніший та найвигідніший метод. Робота містить необхідні показники обґрунтування оптимальності запропонованого технологічного процесу обробки деталі. В ході проектування техпроцесу визначено базові поверхні для кожної операції, визначено припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. В роботі здійснено вибір різального та вимірювального інструменту, необхідного обладнання, для відповідних операцій технологічного процесу зроблено розрахунок режимів різання та нормування часу виготовлення.

Для виконання обробки деталі проведено кінематичний і конструктивний розрахунок широко універсального фрезерного верстата. Розроблено та зконструйовано верстатні пристосування для технологічних операцій, розроблено новий удосконалений технологічний процес механічної обробки деталі. В кваліфікаційній роботі зроблено обґрунтування з точки зору охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: корпус, технологічна операція, різальний інструмент, подача, допуск, посадка, вал, шпиндель, зубчасте колесо.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Грудецький				Анотація		
Розроб.	Кішеня						
Перев	Кобельник						
Н. Контр.	Кобельник						
Затверд.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					Н	6	2
					ТНТУ МВ-41		

Grudetskyi M.M., Kishenya V.P. Machine-tooling support for manufacturing the “Housing OG 1-12.314” part and development of the design of forming units of a wide-universal milling machine (complex topic). 133 – Industrial engineering; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2025.

Existing technological processes for manufacturing this type of parts have been analyzed. The requirements that apply to them. The analysis made it possible to identify the shortcomings of existing manufacturing technologies and take into account existing shortcomings when designing a new technological process. A thorough analysis of two methods for obtaining a workpiece has been carried out and the most economical and profitable method has been selected. The work contains the necessary indicators for substantiating the optimality of the proposed technological process for machining a part. During the design of the technical process, the base surfaces for each operation have been determined, allowances for machining have been determined and the workpiece of the part has been designed. The work has selected a cutting and measuring tool, the necessary equipment, and for the corresponding operations of the technological process, the calculation of cutting modes and the standardization of manufacturing time have been made.

To perform the processing of the part, a kinematic and structural calculation of a widely universal milling machine has been carried out. Machine tools for technological operations have been developed and designed, and a new improved technological process for machining a part has been developed. The qualification work provides justification from the point of view of occupational health and safety.

Key words: housing, technological operation, cutting tool, feed, tolerance, fit, shaft, spindle, gear wheel

		.			КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З М І С Т

ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технічних умов

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі (якісна та кількісна характеристика)

1.3. Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення

2. ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь і вибір раціональних схем оброблення поверхонь.

2.2. Вибір різального та вимірювального інструменту

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Визначення типу та організаційної форми виробництва

3.2. Вибір способу одержання заготовки

3.3. Вибір технологічних баз

3.4. Структурний аналіз та синтез варіантів технологічного маршруту механічної обробки та вибір оптимального (техніко-економічного обґрунтування)

3.5. Визначення припусків та міжопераційних розмірів.

Проектування заготовки

3.6. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки деталі „Корпус ОГ 1-12.314”

3.7. Розрахунок режимів різання по операціях (переходах)

3.8. Технічні характеристики обладнання

3.9. Технічне нормування технологічного процесу

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кішеня			Зміст			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Грудецький								
Перев.		Кобельник								
Н. Контр.		Кобельник								
Затверд.		Крупа						ТНТУ, зр. МВ-41		

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Розрахунок діапазону регулювання.

4.2. Розробка структурної формули, її оптимізація.

4.3. Побудова структурної сітки, графіка чисел обертів для оптимального варіанту.

4.4. Побудова кінематичної схеми приводу, визначення передавальних відношень, чисел зубців передач.

4.5. Розробка конструкції приводу та її розрахунок.

4.5.1. Визначення оптимальних крутних моментів та швидкостей на валах кінематичного ланцюга приводу.

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

4.5.3. Орієнтовний розрахунок конструктивних параметрів проміжкових валів приводу.

4.5.4. Розрахунок та підбір підшипників в якості опор валів приводу.

4.6. Розрахунок шпindelного вузла за критерієм жорсткості.

4.6.1. Розробка розрахункової схеми.

4.6.2. Розрахунок ШВ за критерієм жорсткості.

4.6.3. Оптимізація конструктивних параметрів ШВ.

4.7 Коробка подач верстата

4.7.1. Силевий розрахунок коробки подач

4.7.2 Розрахунок валів коробки подач

4.7.3 Розрахунок параметрів пасової передачі

4.7.4 Розрахунок ланцюгової передачі

4.7.5 Розрахунок шліцевого з'єднання

4.8. Вертикальна головка верстата

4.8.1 Конструкція й принцип дії вертикальної головки верстата

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8.2 Розрахунок сил різання й крутних моментів при фрезеруванні

4.8.3 Розрахунок конічної передачі

4.8.4 Вибір підшипників і перевірка їх довговічності

4.9 Розробка конструкції пристрою для одночасного фрезерування площин.

4.9.1 Схема пристосіблення та принцип його дії

4.9.2. Розрахунок пристосіблення на точність

4.10. Розробка конструкції пристрою для зенкування отворів

4.10.1. Схема пристосіблення та принцип його дії

4.10.2. Розрахунок необхідної сили затиску

5. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ефективність машинобудівного виробництва є основним фактором, що визначає конкурентоспроможність та сталий розвиток цієї галузі. Машинобудування як одна з основних складових промисловості має безпосередній вплив на розвиток економіки країни та є ключовим елементом у забезпеченні потреб інших галузей: енергетики, транспорту, будівництва, сільського господарства та багатьох інших. Збільшення ефективності машинобудівного виробництва дозволяє зменшити витрати на виробничі процеси, підвищити якість продукції та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

У цьому контексті важливу роль відіграє науково-технічний прогрес, який стимулює постійне вдосконалення технологій, нові методи проектування, автоматизацію виробництва, застосування нових матеріалів та інструментів. Прогрес у технології обробки металів, зокрема проектування металорізальних верстатів і різального інструменту, має суттєвий вплив на підвищення продуктивності, точності та економії енергоресурсів.

Науково-технічний прогрес є основною рушійною силою розвитку машинобудування. Він передбачає інтеграцію новітніх досягнень науки і техніки у виробничі процеси, що дозволяє значно поліпшити показники ефективності виробництва. Одним із основних напрямків є автоматизація і роботизація виробничих процесів, що значно знижує вплив людського фактору, підвищує точність виготовлення продукції та зменшує витрати на робочу силу.

Водночас науково-технічний прогрес виявляється і в удосконаленні конструкцій верстатів і обладнання, розвитку технологій обробки матеріалів, а також у створенні нових видів різального інструменту, здатних забезпечити

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.	Кішеня						
Розроб.	Грудецький						
Перев.	Кобельник						
Н. Контр.	Кобельник						
Затверд.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВ-41		

високоякісну та точну обробку металів при значному зменшенні енергетичних і матеріальних витрат.

Проектування металорізальних верстатів є важливою частиною процесу машинобудування. Від конструктивних особливостей верстатів залежить ефективність і точність обробки, що, в свою чергу, впливає на якість кінцевої продукції. Окрім цього, розробка нових моделей верстатів включає в себе врахування факторів, таких як зниження енергоспоживання, підвищення швидкості обробки, можливість автоматизованого управління та інтеграції в систему "розумного" виробництва.

Один із найважливіших аспектів при проектуванні верстатів — це забезпечення їх високої жорсткості та стабільності при роботі. Це дозволяє зменшити коливання, які можуть знизити точність обробки, а також забезпечити тривалий термін служби обладнання. Крім того, великої важливості набуває інтеграція цифрових технологій і систем управління, що дозволяють здійснювати моніторинг і налаштування параметрів обробки в реальному часі.

Різальний інструмент є ключовим елементом будь-якого машинобудівного процесу. Ефективність обробки металів значною мірою залежить від матеріалів та конструкції інструменту. Науково-технічний прогрес у сфері проектування різальних інструментів зумовлений розробкою нових сплавів, які мають підвищену твердість і зносостійкість, а також інноваційними методами обробки, які дозволяють зменшити тертя та нагрів при контакті з оброблюваною поверхнею.

Сучасні тенденції у проектуванні різального інструменту включають використання наноматеріалів, покриттів, що зменшують зношування, а також розробку інструментів, які здатні працювати при високих температурах та швидкостях обробки. Окрім того, значна увага приділяється автоматизації

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштувань та моніторингу стану інструментів, що дозволяє забезпечити стабільність роботи та зменшити кількість дефектів.

Таким чином, ефективність машинобудівного виробництва досягається через постійний розвиток і вдосконалення технологій, інтеграцію новітніх досягнень науково-технічного прогресу в проектування верстатів і різального інструменту. Це дозволяє не лише підвищити якість продукції та знизити виробничі витрати, а й забезпечити сталий розвиток галузі, що є важливим для забезпечення економічної стабільності та конкурентоспроможності на світовому ринку.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технічних умов

Деталь “Корпус ОГ 1-45.314” корпус підшипника валу приводу відкидаючого агрегату гичкозбиральної машини БМ-6 – стальна відливка складної клнфігурації, що має форму V-подібного важеля з трьома отворами. Деталь служить для розміщення в ній сферичного підшипника і двох втулок. Корпус має створити можливість як в статичному стані, так і в процесі функціонування виробу постійність відносного положення змонтованих в ньому деталей і механізмів. Вузол має працювати плавно та без вібрацій. Корпус ОГ 1-45.314 мість в своїй конструкції точні отвори, що підвищує вимоги до їх обробки (В, Л). В основних отворах монтуються підшипники кочення валу приводу агрегату.

Основними базовими поверхнями корпуса є поверхні торців А, Є, І і К з допомогою яких він кріпиться до інших деталей машини машини. Отвори Л служать для кріплення корпуса до важелів підйому агрегата. Отвір В призначеним для розміщення в ньому сферичного підшипника.

До допоміжних поверхонь відносяться канавки для стопорних кілець Г і Є, фаски Б, Е, М а також різцевий отвір для стопорного болта П.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний розділ		
Розроб.		Кішеня					
Розроб.		Грудецький					
Перев.		Кобельник					
Н. Контр.		Кобельник					
Затверд.		Крупа			ТНТУ, зр. МВ-41		
					Літ.	Арк.	Акрушів

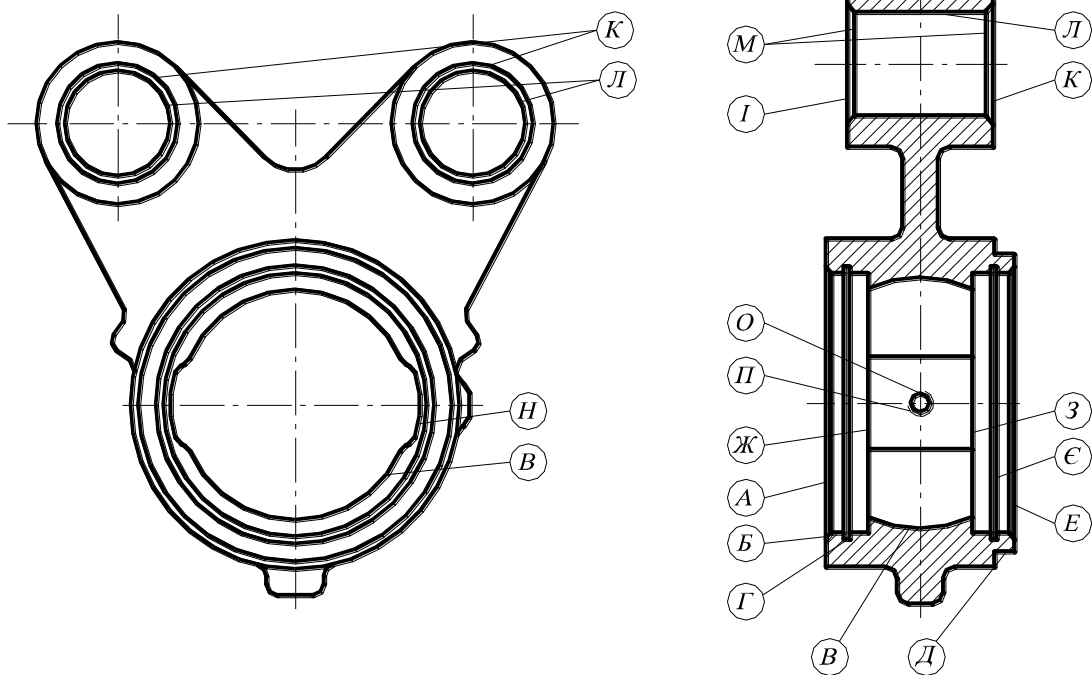


Рисунок 1.1.1 – Ескіз деталі Корпус ОГ 1-45.314

Деталь “Корпус ОГ 1-45.314” виготовляється методом лиття зі Сталі 35Л.

Хімічний склад Сталі 35Л представлено в Таблиці 1.1.1.

Таблиця 1.1.1. – Хімічний склад Сталі 35Л

<i>C,</i> %	<i>Si,</i> %	<i>Mn,</i> %	<i>P,</i> %	<i>S,</i> %	<i>Cr,</i> %	<i>Ni,</i> %	<i>Cu,</i> %	<i>Група</i> <i>відливки</i>
0,29- 0,38	0,2-0,4	0,4-0,9	≤0,43	≤0,4	≤0,3	≤0,3	≤0,3	<i>I</i>

Таблиця 1.1.2. - Механічні властивості Сталі 35Л

σ_T кгс/мм ²	σ_B кгс/мм ²	δ %	ψ %	HB
28	50	15	25	137-217

σ_T – границя текучості, кгс/мм²;

σ_B – границя міцності при розтягуванні, кгс/мм²;

δ - відносне видовження зразка, %;

ψ - відносне звуження поперечного січення зразка, %.

Сталь 35Л – виготовляють корпуса й обойми, важелі, кронштейни та інші деталі, які несуть статичні та динамічні навантаження середньої величини. Відрізняються корозійними властивостями, досить технологічні у виготовленні та обробці. Одним із основних недоліків властивостей даного матеріалу треба віднести малу пластичність.

Розглянемо технічні вимоги до поверхонь деталі:

Поверхня А – торець Ø107 мм виконаний по 10 квалітету точності , шорсткістю Rz 80.

Поверхні Б, Е і М – фаски 1×45⁰ виконані по 14 квалітету точності , шорсткістю Rz 80.

Поверхня В – сферична поверхня Ø85Н9, виконана по 9 квалітету точності, шорсткістю Ra 2,5.

Поверхні Г і Є – канавки Ø93,5 мм, виконані по 10 квалітету точності з шорсткістю Rz 20.

Поверхня Д – зовнішня циліндрична поверхня Ø100_{0,5} мм, виконана по 13 квалітету точності з шорсткістю Rz 80.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхні Ж і З – внутрішні ступені отвору $\varnothing 90^{+0,5}$ мм, виконані по 13 квалітету точності з шорсткістю Rz 40.

Поверхні І та К – торцеві поверхні отворів, виконані по 10 квалітету точності з шорсткістю Rz 40.

Поверхня Л – два отвори $\varnothing 35,3$ мм, виконані по 12 квалітету точності.

Поверхня О – різцевий отвір М12-7Н, виконаний по 7 квалітету точності з шорсткістю Rz 40.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі і представимо їх у вигляді Таблиці 1.1.3.

Таблиця 1.1.3. – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
А	Забезпечити точність виконання розмірів по 12 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Розточування чорнове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Б	Забезпечити точність виконання розмірів по 14 квалітету точності і шорсткість Rz 20.	Розточування напівчистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75. Шаблон фасковий
В	Забезпечити точність виконання розмірів по 9 квалітету точності і шорсткість Ra 2,5.	Розточування чистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75. Нутромір.
Г	Забезпечити точність виконання розмірів по 10 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Розточування напівчистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
Д	Забезпечити точність виконання розмірів по 13 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Точіння напівчистове.	Пробка ($\varnothing 82H8$) ПР, НЕ ГОСТ16776 – 71. Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
Е	Забезпечити точність виконання розмірів по 14 квалітету точності і шорсткість Rz 20.	Розточування напівчистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75. Шаблон фасковий

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження Таблиці 1.1.3

1	2	3	4
Є	Забезпечити точність виконання розмірів по 10 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Розточування напівчистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
Ж	Забезпечити точність виконання розмірів по 13 квалітету точності і шорсткість Rz 40.	Розточування напівчистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
З	Забезпечити точність виконання розмірів по 13 квалітету точності і шорсткість Rz 40.	Розточування напівчистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
І	Забезпечити точність виконання розмірів по 10 квалітету точності і шорсткість Rz 40.	Фрезерування чистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
К	Забезпечити точність виконання розмірів по 10 квалітету точності і шорсткість Rz 40.	Фрезерування чистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
Л	Забезпечити точність виконання розмірів по 12 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Свердління чистове.	Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
М	Забезпечити точність виконання розмірів по 14 квалітету точності і шорсткість Rz 20.	Зенкерування чистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75. Шаблон фасковий

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
Н	Забезпечити точність виконання розмірів по 10 квалітету точності і шорсткість Rz 80.	Протягування	ШЦ-I-125- _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75. Шаблон канавочний
О	Забезпечити точність виконання розмірів по 7 квалітету точності і шорсткість Rz 20.	Нарізання різи чистове	Калібр-пробка різьбова

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі (якісна і кількісна характеристика)

На кресленні деталі вказані всі необхідні розміри, зазначено відповідні квалітети точності та шорсткість оброблених поверхонь. Вказано основні базові поверхні, на яких не мають облоїв та раковин. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал корпусу – Сталь 35 Л ДСТУ 7806:20145, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь "Корпус ОГ 1-45.314" має складну форму з різною товщиною стінок і виготовляється методом литва в пісчані форми. Для її формування необхідно застосовувати стержень, який або відтворює форму деталі, або створює внутрішній отвір. З точки зору механічної обробки, корпус не має суттєвих недоліків. Отвори розташовані на відстані понад 25 мм один від одного, що дозволяє виконувати обробку кількома інструментами одночасно (наприклад, при свердлінні). Інші оброблювані поверхні не створюють значних

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних складнощів з точності та чистоти. Точні отвори (діаметри 35,5H13 і 85H9) обробляються за допомогою свердління, зенкерування та різних видів розточування (чорнове, напівчистове і чистове). Інструменти мають легкий доступ до поверхні, хороші базові поверхні для токарної обробки, свердління отворів і фрезерування бокових поверхонь, а також ефективне видалення стружки, що не застрягає в деталі.

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Рівень технологічності конструкції деталі по точності обробки оцінюється коефіцієнтом точності, який визначається за формулою [2]:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

де $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$ - середній клас точності обробки виробу;

n_i - число розмірів відповідного класу точності;

T - клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

Поверхні Б, Е, М – 14 квалітет, $n = 3$; $T = 14$;

Поверхні Д, Ж, і З – 13 квалітет, $n = 3$; $T = 13$;

Поверхні А і Л – 12 квалітет, $n = 2$; $T = 12$;

Поверхні Г, Є, І, К і Н – 10 квалітет, $n = 5$; $T = 10$;

Поверхня В – 9 квалітет, $n = 1$; $T = 9$;

Поверхня О – 7 квалітет, $n = 1$; $T = 7$;

$$T_{сер} = \frac{3 \cdot 14 + 3 \cdot 13 + 2 \cdot 12 + 5 \cdot 10 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 7}{3 + 3 + 2 + 5 + 1 + 1} = 11,4$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{11,4} = 0,9123$$

Згідно ГОСТ14.205-83 при $K_{T.ч.} > 0,9$ - деталь невисокої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається по формулі [2, с. 33]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n i_{ш}}{\sum Ш_i},$$

де: $Ш_{cp}$ - середній клас шорсткості деталі;

n - кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

Поверхні А, Г, Д, Є, Л, Н – Rz80 $n = 6$ - 3 клас шорсткості;

Поверхні Ж, З, І, К – Rz40 $n = 4$ - 4 клас шорсткості;

Поверхні Б, Е, М, О – Rz20 $n=4$ – 4 клас шорсткості;

Поверхня В – Ra2,5 $n=1$ – 6 клас шорсткості;

$$Ш_{cp} = \frac{6 \cdot 3 + 8 \cdot 4 + 1 \cdot 6}{6 + 8 + 1} = \frac{56}{15} = 3,73;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,29} = 0,2268;$$

За ГОСТ14.205-83 при $K_{ш} > 0,16$ - деталь не важкообробна. Середній клас шорсткості Rz40.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{yc} = \frac{N_{ye}}{N_e} = \frac{13}{15} = 0,87,$$

де: N_{ye} - число уніфікованих типорозмірів;

N_e загальне число конструктивних елементів в деталі.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уніфіковані елемент – це такі елементи, що обробляються стандартним різальним інструментом і не потребують виготовлення спеціального спеціального.

При $K_y > 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}};$$

де: $M_{\text{д}} = 3,5$ кг. – маса деталі по кресленню;

$M_{\text{з}} = 4,1$ кг. – маса заготовки (вилівка).

$$K_{\text{вм}} = \frac{3,5}{4,1} = 0,85 - \text{коефіцієнт використання матеріалу для серійного типу}$$

виробництва.

1.3 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення

Базовий технологічний процес обробки деталі “Корпус ОГ 1-45.314” складається з таких операцій:

Таблиця 1.3.1 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Корпус ОГ 1-45.314”

№ операції	Зміст операції	Обладнання
005	Токарна	16K20
010	Токарна	16K20
015	Токарна з ЧПК	16K20Ф30
020	Горизонтально-фрезерна	6P82Г
025	Вертикально - свердлильна	2Н150
030	Вертикально - свердлильна	2Н150

035	Вертикально - свердлильна	2Н150
040	Вертикально - протяжна	7Б65
045	Вертикально - свердлильна	2Н135
050	Вертикально - свердлильна	2Н135
055	Різенарізна	2Н135

Існуючий технологічний процес виготовлення деталі має кілька недоліків, які можна усунути за допомогою впровадження більш ефективних методів обробки поверхонь. Це дозволить зменшити трудомісткість виробництва деталі та знизити її собівартість. Наприклад, об'єднання токарних операцій на токарних верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволить зменшити час обробки та підвищити продуктивність роботи, а також збільшити коефіцієнт завантаження обладнання. Крім того, заміна старого обладнання на більш продуктивне для різьбонарізних операцій сприятиме зростанню продуктивності та скороченню часу обробки.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь і вибір раціональних схем оброблення поверхонь.

Будь-яка поверхня деталі може бути утворена декількома способами. Але важливо вибрати найоптимальніші методи формоутворення для заданих умов виробництва і на їх основі виконувати подальшу роботу верстатного забезпечення механічної обробки.

Встановлено методи формоутворення та необхідні формоутворюючі рухи для обробки заданої деталі.

В залежності від виду різального інструменту і форми його різальної кромки існують чотири методи формоутворень:

- метод копіювання ($\Phi=0$);
- метод сліду ($\Phi=1$);
- метод дотику ($\Phi=2$);
- метод обкату (огинання) ($\Phi=1$, як правило складний).

В якості інструменту для обробки поверхонь на даній деталі можна використовувати торцеві, кінцеві, циліндричні фрези, свердла, розвертки, зенкери.

Виконаємо аналіз методів обробки даними інструментами за вибраними кінематичними схемами різання.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кішеня			ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Грудецький								
Перев.		Кобельник						ТНТУ, зр. МВ-41		
Н. Контр.		Кобельник								
Затверд.		Крупа								

1. Торцеве фрезерування площин

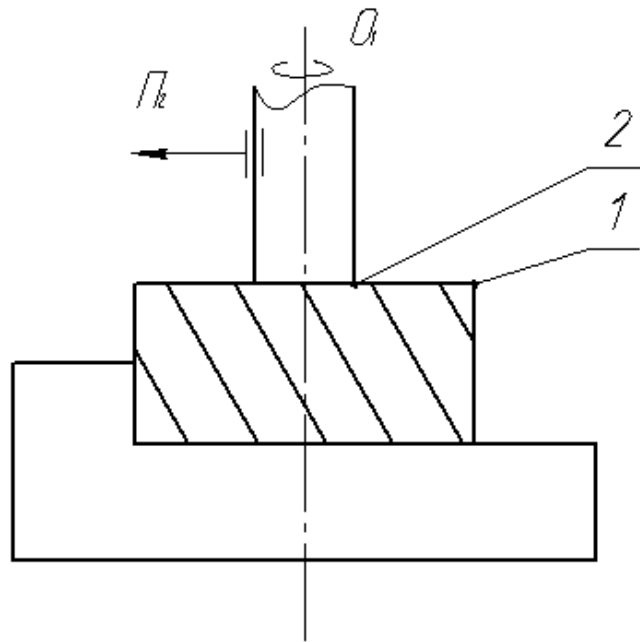


Рисунок 2.1. Обробка торцевою фрезою.

При торцевому фрезеруванні напрямна (коло) утворюються методом сліду, а твірна – методом дотику. Метод дотику полягає в тому, що форма твірної лінії виникає у вигляді огинання місць дотику множини різальних точок обертання інструмента в результаті відносних рухів осі обертання інструмента і заготовки.

- 1- направляюча, що утворюється поступальним рухом інструменту;
- 2- твірна, яка утворюється обертанням фрези.

2. Фрезерування площин кінцевими фрезами

При фрезеруванні кінцевими фрезами, аналогічно як і в попередньому випадку, направляюча 1 утворюється методом сліду, а твірна 2 методом дотику

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

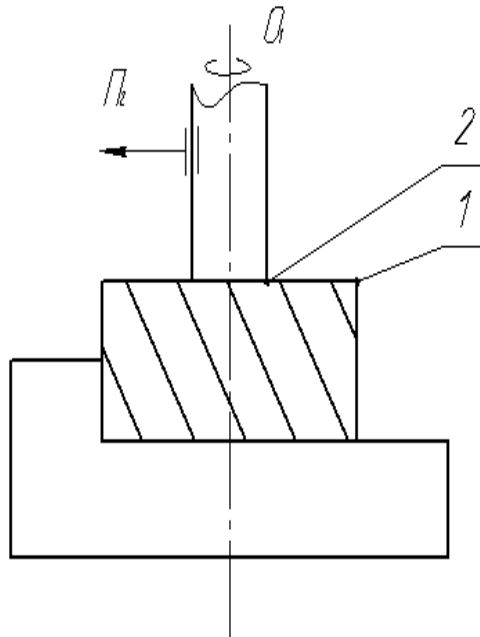


Рисунок 2.2. Обробка кінцевою фрезою

- 1 – направляюча, що утворюється поступальним рухом інструменту;
2 – твірна, утворена обертанням фрези.

3. Утворення отвору розточуванням

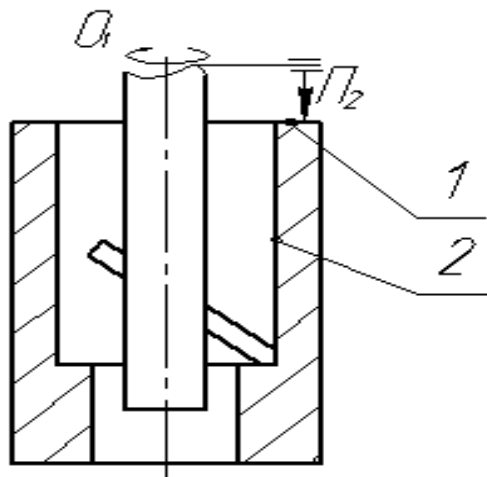


Рисунок 2.3. Схема обробки отвору розточним різцем

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розточуванні поверхня деталі утворюється методом сліду . Форма лінії отримується у вигляді сліду різального леза інструменту при відносному русі і заготовки , і інструмента , тому для отримання лінії методом сліду необхідно один простий формоутворюючий рух .

Дана поверхня утворена двома простими рухами, один з яких є рухом різання Φv , а інші – рухом подач Φs .

1 – направляюча , утворена поступальним рухом (подача інструменту) ;

2 – твірна , утворена обертанням інструментом .

4. Утворення отвором свердлінням

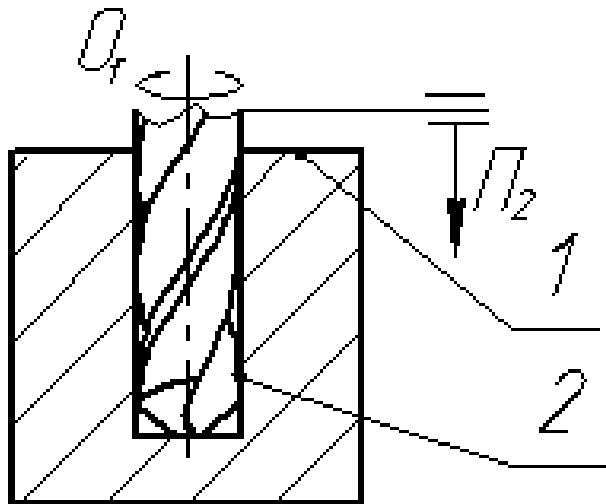


Рисунок 2.4. Схема обробки отвору свердлом

Під час свердління поверхні деталі утворюються також методом сліду

Формоутворення відбувається аналогічно до попереднього способу .

1 – направляюча , утворена поступальним рухом (подача свердла) ;

2 – твірна , утворена обертанням свердла .

5. Утворення отвору зенкеруванням і розвертуванням

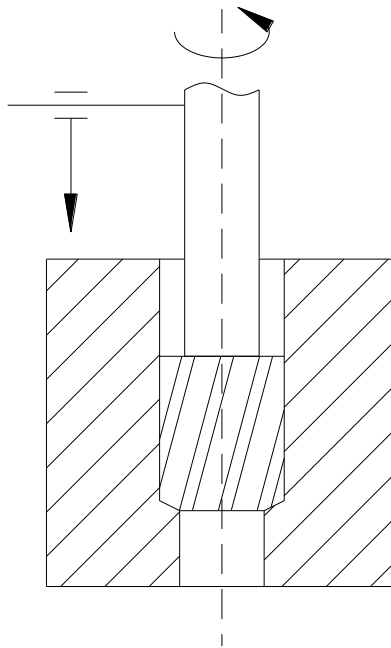


Рисунок 2.5. Схема обробки отвору зенкером

При зенкеруванні поверхня обробки утворюється аналогічно до попередніх схем методом сліду.

1 – направляюча, утворена поступальним рухом (подача зенкера);

2 – твірна, утворена обертанням зенкера.

Провівши аналіз методів формоутворення оброблюваних поверхонь на деталі – представнику, приходимо до висновку, що найпродуктивнішим і найточнішим є обробка площин торцевими фрезами, отворів – розточними різцями та свердлами.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Вибір різального та вимірювального інструменту

Проведемо вибір різучого та вимірювального інструменту, що буде необхідний для здійснення спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус ОГ 1-45.314” та представимо його результати у вигляді Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Вибір різучого та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різучий	вимірювальний
1	2	3	4
005	Токарна з ЧПК	Різці 2102-4093, 2102-4184, 2102-4059, 2128-4306-06 T15K6	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80. Шаблони контрольні.
010	Токарна з ЧПК	Різці 2102-4093, 2102-4184, 2102-4059, 2128-4306-06 T15K6	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80. Шаблони контрольні. Фас комір.
015	Горизонтально-фрезерна	Фрези 2245-0017, 2245-0018 T15K6 ГОСТ6469-69	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80. Шаблон
025	Вертикально-свердлильна	Свердло 2301-0119 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80.
030	Вертикально-свердлильна	Зенкер 2320-4254	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80.

1	2	3	4
035	Вертикально-свердлильна	Зенківка 2353-0138 ГОСТ14953-80	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80. Шаблон МН1416-81.
040	Вертикально-протяжна	Протяжка 2405-4045	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80. Радіусний шаблон.
050	Вертикально-свердлильна	Свердло 2301-0030 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{-0,1} ГОСТ166-80.
055	Вертикально-свердлильна	Зенківка 2353-0144 ГОСТ14953-80	Шаблон контрольний.
060	Різенарізна	Мітчик М12-7Н 2620-1513 ГОСТ3266-81	Пробка М12 ГОСТ17759-72.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій згідно .

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P};$$

де: $\sum O$ - сумарне число різноманітних операцій, що виконуються на дільниці за місяць;

$\sum P$ - сумарне число робочих місць на даній дільниці цеху.

Число операцій розраховуємо за формулою:

$$O = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_H}{T_{шт} \cdot N_M};$$

де: $F_M = \frac{4015}{12} = 334,5$ год. – місячний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному режимі роботи;

$K_B = 1,3$ - середній коефіцієнт виконання норм;

$\eta_H = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів;

$T_{шт}$ - штучний час операції на даному верстаті;

$N_M = \frac{N}{12} = \frac{3000}{12} = 250$ - місячна програма випуску деталей

($N = 3000$ по завданню).

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кішеня			Технологічний розділ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Грудецький								
Перев.		Кобельник						ТНТУ, гр. МВ-41		
Н. Контр.		Кобельник								
Затверд.		Крупа								

Визначаємо K_{30} по існуючому варіанту технологічного процесу.

1. Робоче місце O_1 , верстат 16K20.

$$\sum T_{um} = 1,25 \text{ хв.}$$

$$O_1 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,25 \cdot 250} = 6,67.$$

2. Робоче місце O_2 , верстат 16K20.

$$\sum T_{um} = 1,38 \text{ хв.}$$

$$O_2 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,38 \cdot 250} = 6,05.$$

3. Робоче місце O_3 , верстат 16K20Ф30.

$$\sum T_{um} = 4,41 \text{ хв.}$$

$$O_3 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,41 \cdot 250} = 1,89.$$

4. Робоче місце O_4 , верстат 6P82Г.

$$\sum T_{um} = 4,06 \text{ хв.}$$

$$O_4 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,06 \cdot 250} = 2,05.$$

5. Робоче місце O_5 , верстат 2H150.

$$\sum T_{um} = 1,67 \text{ хв.}$$

$$O_5 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,67 \cdot 250} = 4,99.$$

6. Робоче місце O_6 , верстат 2H150.

$$\sum T_{um} = 1,43 \text{ хв.}$$

$$O_6 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,43 \cdot 250} = 5,83.$$

7. Робоче місце O_7 , верстат 2H150.

$$\sum T_{um} = 1,66 \text{ хв.}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$O_7 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,66 \cdot 250} = 5,02.$$

8. Робоче місце O_8 , верстат 7Б65.

$$\sum T_{um} = 0,89 \text{ хв.}$$

$$O_8 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{0,89 \cdot 250} = 9,38.$$

9. Робоче місце O_9 , верстат 2Н135.

$$\sum T_{um} = 1,19 \text{ хв.}$$

$$O_9 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,19 \cdot 250} = 7,01.$$

10. Робоче місце O_{10} , верстат 2Н135.

$$\sum T_{um} = 0,33 \text{ хв.}$$

$$O_{10} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{0,33 \cdot 250} = 0,87.$$

11. Робоче місце O_{11} , верстат 2Н135.

$$\sum T_{um} = 0,6 \text{ хв.}$$

$$O_{11} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{0,6 \cdot 250} = 1,6.$$

$$O_{\text{заг}} = \sum O = 6,67 + 6,05 + 1,89 + 2,05 + 4,99 + 5,83 + 5,02 + 9,38 + 7,01 + 0,87 + 1,6 = 51,36$$

Коефіцієнт завантаження :

$$K_3 = \frac{51,36}{11} = 4,67;$$

Оскільки $1 \leq K_3 \leq 10$, то тип виробництва – крупносерійний.

Форма організації виробничого процесу – предметно-потоккова.

Розміщення обладнання – по ходу технологічного процесу.

Повторюваність партій – періодична.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване.

Технологічна оснастка – УНС, ЗРП (збірно-розбірні пристрої).

Різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціалізований.

Види заготовок – прокат, виливки з металевими моделями.

Собівартість продукції – середня.

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Метод отримання заготовок для деталей залежить від їх призначення, конструктивних особливостей, матеріалу, технічних вимог, обсягів та серійності виробництва, а також економічної доцільності виготовлення. Вибір заготовки для конкретного корпусу означає вибір способу її виготовлення.

З урахуванням матеріалу — сталі 35Л за ДСТУ 7806:2015, можна зробити висновок, що заготовку отримують литтям в земляні форми або литтям по виплавляємим моделях.

Вартість заготовок, виготовлених литтям в земляні форми або за допомогою виплавляємим моделей, можна розрахувати за такою формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн.} \quad [1, \text{ с.33}]$$

де: Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

q - маса деталі, кг.;

$S_{\text{відх}}$ - ціна однієї тонни відходів Сталі 35Л, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – виливок (виливка в земляні форми).

$Q = 4,1$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 3,5$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 12000$ грн. - базова вартість одної тонни виливків із Сталі 35Л;

$S_{відх} = 600$ грн. - вартість одної тонни відходів Сталі 35Л;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [1, с.33];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [1, с.35];

$k_B = 0,72$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [1, с.35];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [1, с.34];

$k_{II} = 1,22$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загI} = \left(\frac{12000}{1000} \cdot 4,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (4,1 - 3,5) \frac{600}{1000} = 26,43 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (литво по виплавляємим моделях).

$Q = 3,8$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 3,5$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 12000$ грн. - базова вартість одної тонни виливків із Сталі 35Л;

$S_{відх} = 600$ грн. - вартість одної тонни відходів чавуну Сталі 35Л;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [1, с.33];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [1, с.35];

$k_B = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [1, с.35];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [1, с.34];

$k_{II} = 1,2$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{загII} = \left(\frac{12000}{1000} \cdot 3,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (3,8 - 3,5) \frac{600}{1000} = 26,96 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою [1, с.39]:

$$E_3 = (S_{загII} - S_{загI}) \cdot N = (26,96 - 26,43) \cdot 3000 = 1500 \text{ грн.};$$

Так як литво по виплавляємим моделях дозволяє отримати заготовку з більшою вартістю, вимагає застосування значних капіталовкладень в період підготовки виробництва, збільшення кількості обладнання для виготовлення форм та моделей, вибираємо заготовку для корпусу – литво в земляну форму 8-го класу точності розмірів, 3-го ряду припусків.

Результати зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння методів одержання заготовки

Назва позиції	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок (по виплавляємим моделях)
Вартість заготовок	26,43	26,93
Коефіцієнт використання матеріалу	0,85	0,92

3.3. Вибір технологічних баз

При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу

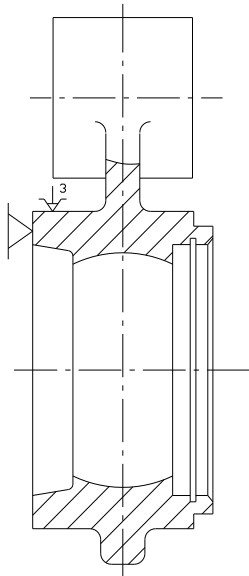
					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

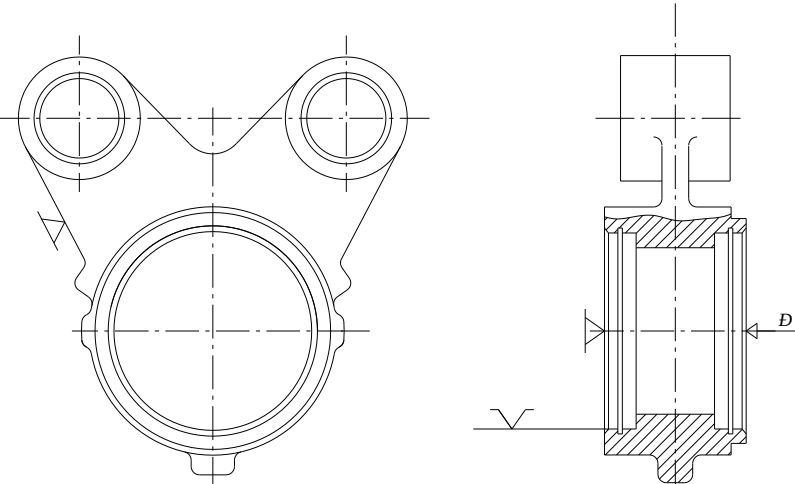
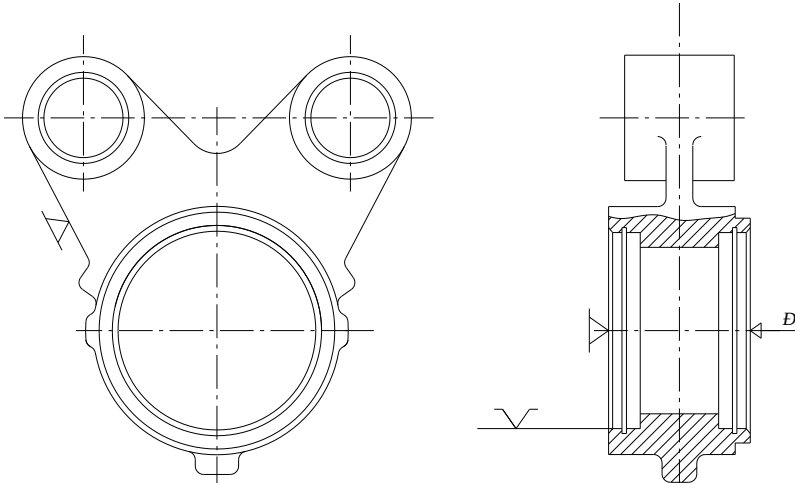
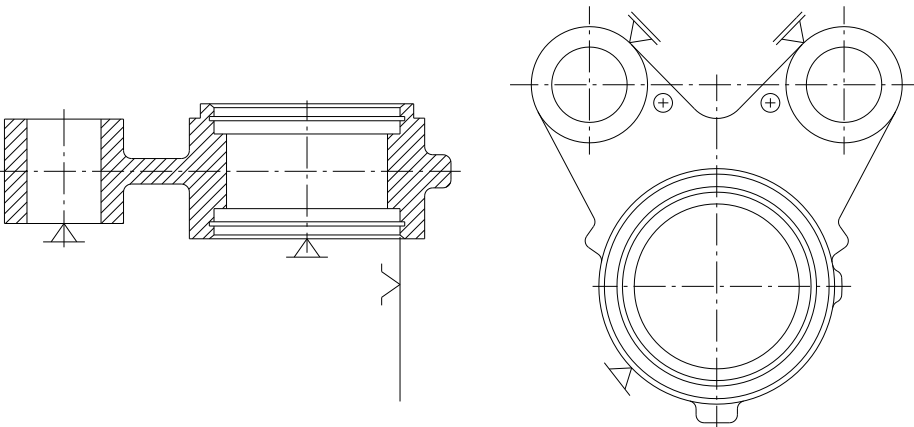
суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідуючих операціях обробки.

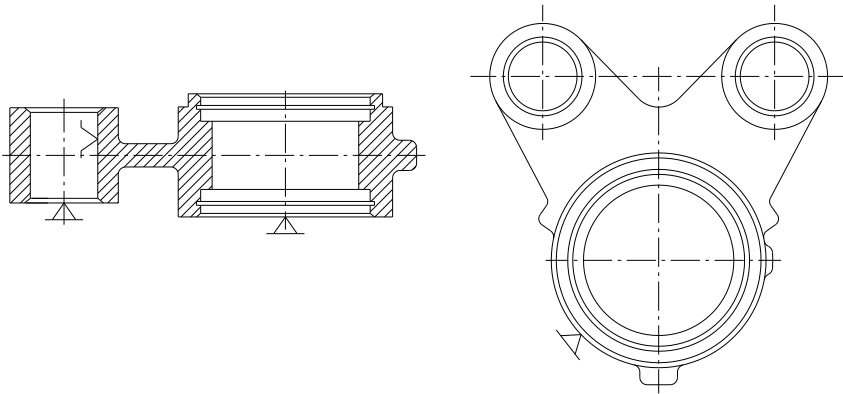
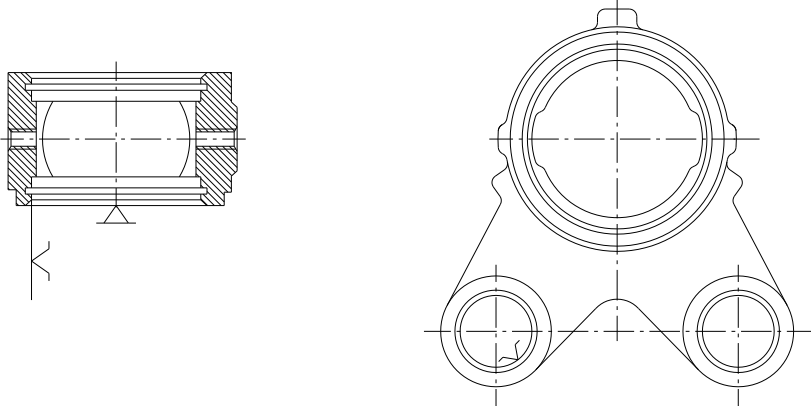
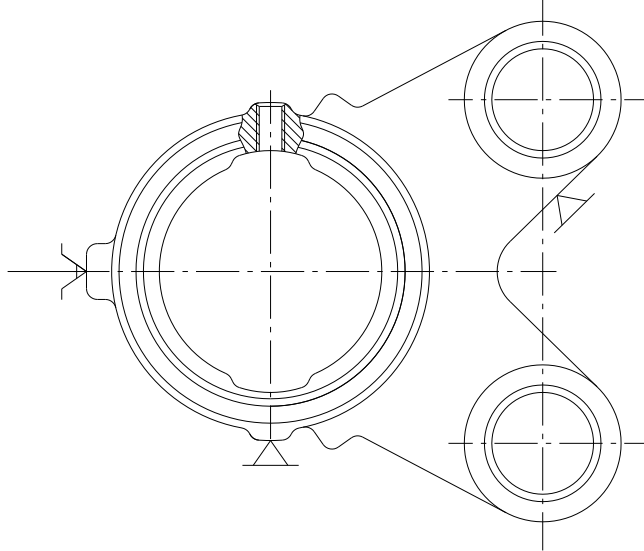
При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

У нашому випадку на токарних операціях деталь закріплюється у трюхкулачковому патроні і базується по торцю та зовнішніх циліндричних необроблених поверхнях. На горизонтально-фрезерній операції базування буде проводитись по торцю більшого отвору і упором на бокову поверхню. При свердлінні та зенкеруванні отворів базування проводиться по торцях отворів та оброблених внутрішній поверхні отвору більшого діаметра. При протягуванні пазів базування відбувається по оброблених отворах та торцях. При свердлінні отвору та нарізанні різі базування проводимо по протилежній зовнішній поверхні від отвору і боковій поверхні верхнього отвору.

Таблиця 3.2. Вибір баз при обробці корпусу ОГ 1-12.314

Позначення оброблюваної поверхні	Технологічні бази	Теоретична схема базування та закріплення
1	2	3
<i>А, Б, В, Г, Ж</i>	<i>А</i>	

1	2	3
<i>K, I</i>	<i>A, E, Ж</i>	
<i>K, I</i>	<i>A, E, Ж</i>	
<i>Л, М</i>	<i>A, I, Ж</i>	

1	2	3
<i>М</i>	<i>А, Л, К</i>	
<i>Н</i>	<i>А, Ж, Л</i>	
<i>О, П</i>	<i>Г, Л</i>	

3.4. Структурний аналіз та синтез варіантів технологічного маршруту механічної обробки та вибір оптимального (техніко-економічне обґрунтування)

Складемо два варіанти технологічного процесу механічної обробки деталі та представимо їх у вигляді Таблиць 3.3. і 3.4.

Таблиця 3.3 – I варіант технологічного процесу виготовлення

Деталі “Корпус ОГ 1-12.314”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Токарна	<i>А, Б, В, Г,</i>	16К20
010	Токарна	<i>Д, Е, Є, З</i>	16К20
015	Токарна з ЧПК	<i>В</i>	16К20Ф30
020	Горизонтально-фрезерна	<i>І, К</i>	6Р82Г
025	Вертикально-свердлильна	<i>А, Д</i>	2Н150
030	Вертикально-свердлильна	<i>Л</i>	2Н150
035	Вертикально-свердлильна	<i>М</i>	2Н150
040	Вертикально-протяжна	<i>Н</i>	2Н135
045	Вертикально-свердлильна	<i>О</i>	2Н135
050	Вертикально-свердлильна	<i>О</i>	2Н135
055	Вертикально-свердлильна	<i>П</i>	2Н135

Таблиця 3.4 – II варіант технологічного процесу виготовлення

Деталі “Корпус ОГ 1-12.314”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Токарна з ЧПК	<i>А, Б, В, Г,</i>	16А20Ф3
010	Токарна з ЧПК	<i>Д, Е, Є, З, В</i>	16А20Ф3
015	Горизонтально-фрезерна	<i>І, К</i>	6Р82Г
020	Вертикально-свердлильна	<i>А, Д</i>	2Н150
025	Вертикально-свердлильна	<i>Л</i>	2Н150
030	Вертикально-свердлильна	<i>М</i>	2Н150
035	Вертикально-протяжна	<i>Н</i>	2Н135
040	Вертикально-свердлильна	<i>О</i>	2Н135
045	Вертикально-свердлильна	<i>О</i>	2Н135
050	Різенарізна		2056

Для того, щоб вибрати з цих двох варіантів більш економічно вигідний проведемо порівняння собівартості операцій, які є відмінними.

Технологічна собівартість виконання операції визначається за формулою [3, с.427]

$$C_{OP_i} = Z_o + H_o \cdot K_{Me} \cdot T_{um};$$

де: Z_o - основна і додаткова заробітна плата верстатника, грн.:

$$Z_o = H_{o.g.} \cdot T_{um} \cdot K_M;$$

де: $H_{o.g.}$ - норматив годинної заробітної плати верстатника відповідного розряду, коп/хв;

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_M - коефіцієнт, що враховує багатOVERстатне обслуговування, $K_M = 1$ - для обслуговування одного верстату одним робітником;

$T_{шт}$ - штучний час на операції, хв.

H_o - середні затрати, коп/хв, на утримання і експлуатацію обладнання, [3, с.431, Т23,24];

K_{Me} - коефіцієнт роботи обладнання на даній операції, [3,с430,Т22].

Технологічна собівартість деталі:

$$C = C_{заг} + \sum C_{оп_i} ;$$

де: $C_{заг}$ - собівартість заготовки.

Величина приведеної річної економії:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N ;$$

де C_1, C_2 - технологічні собівартості двох варіантів технологічних процесів виготовлення деталі;

N - програма випуску деталей.

$H_{ог} = 0,85$ грн/год – норматив годинної заробітної плати верстатника 3-го розряду при двохзмінному режимі роботи.

I варіант:

$H_o = 9,4$ коп/хв [3, с.431, Т24] – середні затрати на утримання обладнання при крупносерійному типі виробництва в дві зміни;

$K_{Me} = 1,0$ - коефіцієнт машиногодин [3, с.429, Т22];

Операція 005

$T_{шт} = 4,25$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 010

$T_{шт} = 4,38$ хв. – штучний час на операції.

Операція 015

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{шт}} = 4,41$ хв. – штучний час на операції.

Операція 055

$T_{\text{шт}} = 0,89$ хв. – штучний час на операції.

II варіант:

$H_o = 9,4$ коп/хв [3, с.431, Т24] – середні затрати на утримання обладнання при крупносерійному типі виробництва в дві зміни; $K_{Me} = 2,1$ - коефіцієнт машино-годин [3, с.430, Т22]; $K_{Me} = 0,8$ - коефіцієнт машино-годин.

Операція 005 $T_{\text{шт}} = 3,46$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 010 $T_{\text{шт}} = 4,29$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 050 $T_{\text{шт}} = 0,6$ хв. - штучний час на операції.

Таблиця 3.5 – Розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі по різних варіантах технологічного процесу

	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок
Вартість заготовки, грн.	26,43	26,43
Операції механічної обробки, що відрізняються:		
005	Токарна	Токарна з ЧПК
$T_{\text{шт}}$, хв.	4,25	3,46
Розряд роботи	3	3
Змінність	2	2
Тип виробництва	Крупносерійний	Крупносерійний
$З_o$, грн.	$0,85 + 4,25 \cdot 1 = 5,1$	$0,85 + 3,46 \cdot 1 = 4,51$
$C_{оп_i}$, грн.	$5,1 + 9,4 \cdot 1 \cdot 4,25 = 45,5$	$4,51 + 9,4 \cdot 1 \cdot 3,46 = 42,1$
010	Токарна	Токарна з ЧПК
$T_{\text{шт}}$, хв.	4,38	4,23
Розряд роботи	3	3
Змінність	2	2
Тип виробництва	Крупносерійний	Крупносерійний
$З_o$, грн.	$0,85 + 4,38 \cdot 1 = 5,23$	$0,85 + 4,23 \cdot 1 = 5,11$
$C_{оп_i}$, грн.	$5,23 + 9,4 \cdot 0,8 \cdot 4,38 = 56,61$	$5,11 + 9,4 \cdot 1 \cdot 4,23 = 41,3$

Продовження Таблиці 3.5.

1	2	3
015	Токарна з ЧПК	
$T_{\text{шт}}$, хв.	4,41	
Розряд роботи	3	
Змінність	2	
Тип виробництва	Крупносерійний	
$З_o$, грн.	$0,85 + 4,41 \cdot 1 = 5,26$	
$C_{оп_i}$, грн.	$5,26 + 9,4 \cdot 1 \cdot 4,41 = 43,31$	
040	Вертикально-свердлильна	Різенарізна
	0,86	
$T_{\text{шт}}$, хв.	3	0,6
Розряд роботи	2	3
Змінність	Крупносерійний	2
Тип виробництва	0,85 + 0,86 · 1 = 1,71	Крупносерійний
$З_o$, грн.	$8,5 + 9,4 \cdot 1 \cdot 1,71 = 26,9$	$0,85 + 0,6 \cdot 1 = 1,45$
$C_{оп_i}$, грн.		$8,5 + 9,4 \cdot 1 \cdot 1,45 = 11,41$

Величина приведеної річної економії – економічний ефект від впровадження другого варіанту технологічного процесу :

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N = (172,32 - 94,81) \cdot 3000 = 2355 \text{ грн.}$$

Тому в якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус ОГ 1-12.314” вибираємо II варіант.

3.5. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для однієї точної поверхні $\varnothing 85H9$, решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Раціональний маршрут обробки поверхні отвору $\varnothing 85H9$ складається з трьох переходів:

- чорнове розточування забезпечує 14 квалітету $Ra25$ ($Rz100$);
- напівчистове розточування забезпечує 12 квалітету ($Rz50$);
- чистове розточування забезпечує 9 квалітету $Ra2,5$ ($Rz10$).

Для заготовок – ввідливка виготовлення литтям в пісчані форми $Rz200$; $T200$ мкм.

При чорновому розточуванні $Ra25$; $T100$ мкм.

При напівчистовому розточуванні $Rz50$; $T50$ мкм.

При чистовому розточуванні $Rz10$; $T20$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для відливок складає:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}$$

де: $\rho_{кор} = \Delta K \cdot D$ - відхилення виливка від площинності (короблення);

$\Delta K = 1$ мкм/мм – питома кривизна заготовки на 1 мм. Довжини заготовки [1, с.72, Т32];

$D = 85$ мм. – діаметр обробки.

$$\rho_{кор} = 1,0 \cdot 85 = 85 \text{ мкм.}$$

$\rho_{зм}$ - зміщення стержня, приймається рівним допуску на найбільший розмір від осі отвору до технологічної бази з урахуванням найбільших розмірів виливка.

Допуск $\delta = 350$ мкм, отже $\rho_{зм} = 350$ мкм.

$$\rho = \sqrt{85^2 + 350^2} = \sqrt{8100 + 122500} = 361,4 \text{ мкм.} - \text{для заготовки.}$$

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 361,4 = 18 \text{ мкм.} - \text{для чорнового розточування.}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 361,4 = 14 \text{ мкм.} - \text{для напівчистового розточування.}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot \rho = 10,8 \text{ мкм.} - \text{для чистового розточування.}$$

Похибка установки визначається за формулою:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2}$$

Похибка базування при обробці деталі, що базується в трьохкулачковому патроні складає:

$$\varepsilon_{h_1} = 0,$$

$$\varepsilon_o = 0 + 45 = 45 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_s = 500$ мкм. [1, с.76, Т36].

$$\varepsilon_y = \sqrt{45^2 + 500^2} = 502 \text{ мкм.} - \text{для заготовки.}$$

$$\varepsilon_1 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм.} - \text{для чорнового розточування.}$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм.} - \text{для напівчистового розточування.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot \varepsilon_y = 0,03 \cdot 500 = 15 \text{ мкм.} - \text{для чистового розточування.}$$

Мінімальне значення величини припуску для розточування розраховується за формулою [1, с.62]:

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Для чорнового розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 200 + \sqrt{361^2 + 502^2}) = 2 \cdot 1016 \text{ мкм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{18^2 + 25^2}) = 2 \cdot 230 \text{ мкм.}$$

Для чистового розточування:

$$2Z_{3\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{14^2 + 20^2}) = 2 \cdot 124 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо по формулі:

$$d_{p_i} = d_i - 2Z_{i\min_i};$$

$$d_{p_2} = 85,087 - 2 \cdot 0,124 = 84,493 \text{ мм.}$$

$$d_{p_1} = 84,493 - 2 \cdot 0,230 = 80,012 \text{ мм.}$$

$$d_{p_{заг}} = 80,012 - 2 \cdot 1,016 = 78,791 \text{ мм.}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменші граничні відхилення ($d_{\min}$) визначаються з найбільших відніманням допуску:

$$d_{\min_i} = d_{\max} - \delta;$$

$$d_{\min_3} = 85,087 - 0,087 = 85 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_2} = 84,493 - 0,350 = 84,143 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_1} = 82,62 - 0,870 = 81,142 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_{заг}} = 78,791 - 1,400 = 77,391 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$2Z_{\max_3} = 85,00 - 84,143 = 870 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_2} = 84,143 - 81,142 = 1702 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_1} = 81,142 - 78,791 = 2651 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_3} = 85,087 - 84,32 = 767 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_2} = 84,32 - 82,12 = 1340 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_1} = 82,019 - 79,15 = 2269 \text{ мкм.}$$

Проведемо перевірку правильності розрахунків:

$$Z_{\max_3} - Z_{\min_3} = 2651 - 2269 = 382 \text{ мкм.}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 766 - 384 = 382 \text{ мкм. (}$$

у зв'язку із заокругленням при попередніх розрахунках).

$$Z_{\max_2} - Z_{\min_2} = 1702 - 1340 = 362 \text{ мкм.}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 765 - 403 = 362 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\max_1} - Z_{\min_1} = 870 - 767 = 103 \text{ мкм.}; \quad \delta_{заг} - \delta_1 = 289 - 186 = 103 \text{ мкм.}$$

Графічно схему розміщення припусків на обробку отвору можна зобразити так, як представлено на Рис. 3.1.

Для решти поверхонь припуски на обробку визначаємо табличним методом, згідно ГОСТ26645-85.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ø85H9

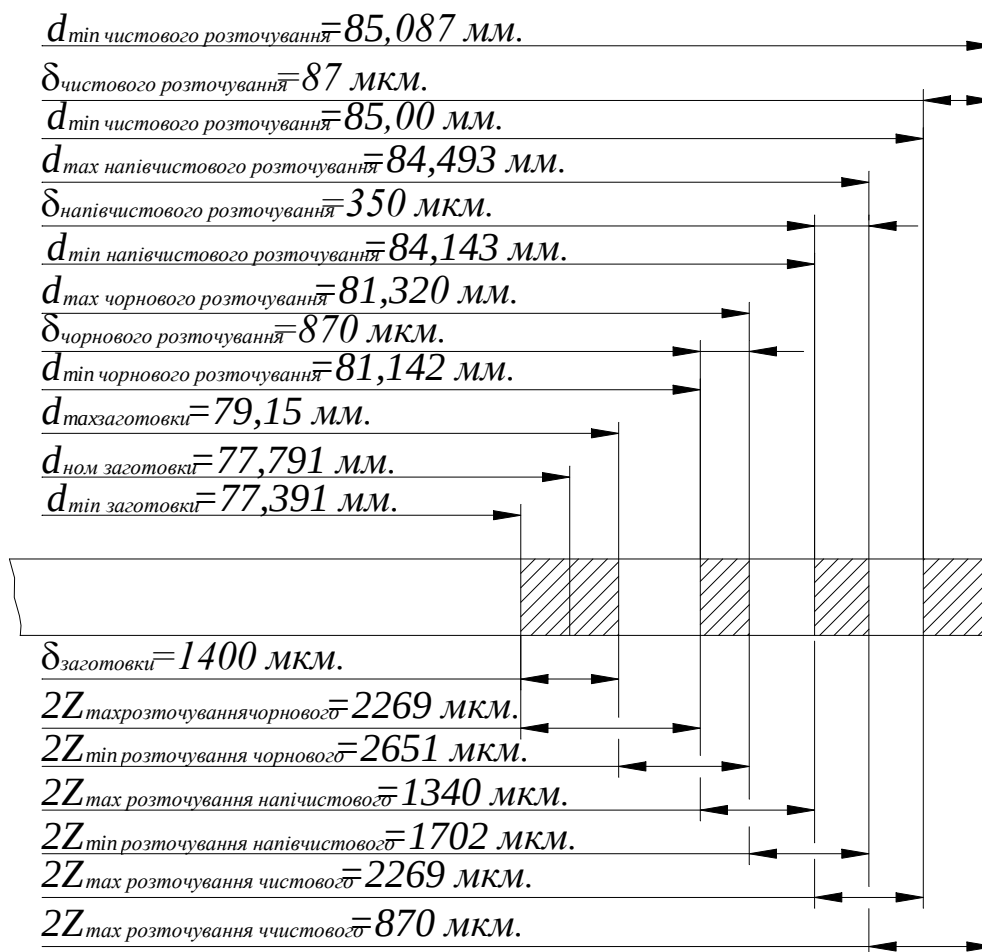


Рис. 3.1. Схема розміщення припусків на обробку отвору Ø85H9 деталі “Корпус ОГ 1-12.314

3.6. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки деталі “Корпус ОГ 1-12.314”

На основі проведеного аналізу та вибору оптимального варіанту маршруту технологічного процесу виготовлення деталі проведемо детальне проектування техпроцесу.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Оброблювані поверхні	Обладнання
1	2	3	5
005	Токарна операція з ЧПК 1. Підрізати торець А із зняттям фаски Б. 2. Розточити отвір Ж. 3. Розточити сферичний отвір В. 4. Розточити канавку Г. 5. Точити поверхню Д.	<i>А, Б</i> <i>Ж</i> <i>В</i> <i>Г</i> <i>Д</i>	16А20Ф3С39
010	Токарна операція з ЧПК 1. Підрізати торець Е і розточити фаску Б. 2. Розточити отвір З. 3. Розточити сферичний отвір В начисто. 4. Розточити канавку Є.	<i>Е, Б</i> <i>З</i> <i>В</i> <i>Є</i>	16А20Ф3С39
015	Горизонтально-фрезерна операція 1. Фрезерувати одночасно торці І, К.	<i>І, К</i>	6Р82Г
020	Слюсарна операція 1. Зачистити заусенці після фрезерування	<i>І, К</i>	Верстак
025	Вертикально-свердлильна операція 1. Розсвердлити два отвори Л попередньо.	<i>Л</i>	2Н150
030	Вертикально-свердлильна операція 1. Зенкерувати одночасно два отвори Л.	<i>Л</i>	2Н150
035	Вертикально-свердлильна 1. Зенкерувати послідовно 4 фаски М.	<i>М</i>	2Н150
040	Вертикально – протяжна операція 1. Протягнути одночасно пази Н.	<i>Н</i>	7Б65
045	Слюсарна операція 1. Зачистити заусенці після протягування	<i>І, К, Н</i>	Верстак
050	Вертикально-свердлильна операція 1. Свердлити отвір О.	<i>О</i>	2Н135
055	Вертикально-свердлильна операція 1. Зекувати фаску в отворі О.	<i>О</i>	2Н135
060	Різенарізна операція 1. Нарізати різь П.	<i>П</i>	2056

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7. Розрахунок режимів різання по операціях (переходах).

За емпіричних формулах розраховуємо аналітичним методом режими різання при чорнового розточування отвору $\varnothing 85H9^{+0,870}$ (так само як і припуски за переходами), з метою оцінки потужності різання при максимальній глибині різання для вибору оптимальної моделі верстату (необхідно щоб забезпечувалась умова $N_{\text{різання}} < N_{\text{верстату}}$).

Обробка проводиться на токарному верстаті з ЧПК моделі 16A20Ф3С39.

Глибина різання з попередніх розрахунків:

$\varnothing 75,791$ мм. – діаметр заготовки;

$\varnothing 77,012$ мм. – діаметр чорнового розточування отвору.

Отже:

$$t = \frac{D_{\text{дет}} - D_{\text{заг}}}{2} = \frac{77,012 - 75,791}{2} = \frac{2,559}{2} = 1,28 \text{ мм.},$$

Ріжучий інструмент – розточний різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ18879-73. Січення державки різця 32×25 мм. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Назначаємо подачу $S = 0,3 \div 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ [3, Т. 1, 2, с. 267] – при чорновому розточуванні при вильоті різця $l = 100$ мм.

Приймаємо подачу $S = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Період стійкості різця $T = 60$ хв. [3, с.268].

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою:

$$V \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнту C_v і показників степеней вибираємо з Табл. 17 [3, с.270] - $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$.

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежості:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv};$$

де: $K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{380} \right)^{-0,9} = 0,74$ - коефіцієнт, що залежить від

властивостей оброблюваного матеріалу ($K_r = 1$; $n_v = -0,9$ [3, Т. 2, с. 262];

$K_{nv} = 0,8$ - коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні [3, Т. 5, с.263];

$K_{uv} = 0,93$ - коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту [3, Т. 6, с.263];

$K_{\varphi v} = 1$ - коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при $\varphi = 45^\circ$) [3, Т. 18, с. 271];

$K_{Ov} = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні [6, Т.11, с. 427];

$K_{\varphi v}$ та K_{rv} враховуються тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Звідси швидкість різання:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 58,13 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 58,13}{3,14 \cdot 75,791} = 213 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату:

$$n = 200 \text{ об/хв.}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна швидкість різання буде складати:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75,791 \cdot 200}{1000} = 56,5 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, які напрямлені по осях координат верстату (P_z, P_y і P_x).

При розточуванні ці складові розраховуються по залежності [3,с.271]:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Коефіцієнти і показники степеней для складових сил різання знаходимо по [3, Т. 22, с.273]:

P_z	P_y	P_x
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт визначаємо по формулі:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

де: $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$ - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей

оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_{Mp_z} = \left(\frac{520}{750} \right)^{0,4} = 0,87; K_{Mp_y} = \left(\frac{520}{750} \right)^{1,0} = 0,69; K_{Mp_x} = \left(\frac{520}{750} \right)^{0,8} = 0,75;$$

$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт при $\varphi = 45^\circ$ [4, Т.23, с.275];

$K_{\gamma p_{x,y,z}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт переднього кута [4, Т.23, с.275];

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\lambda_{p_{x,y,z}}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт кута нахилу ріжучої кромки [4, Т.23, с.275];

K_{rp} враховується тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Тоді :

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 157^{-0,15} \cdot 0,87 = 2400 \text{ Н.};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,28^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 157^{-0,3} \cdot 0,69 = 1500 \text{ Н.};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 157^{-0,4} \cdot 0,75 = 1800 \text{ Н.}.$$

$$\text{Потужність різання: } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2400 \cdot 56,5}{1020 \cdot 60} = 2,13 \text{ кВт.}$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання:

$$N_{piz} < N_{ун}$$

де: $N_{ун} = N_o \cdot \eta$, $N_{ун} = 6,3$ кВт. – потужність електродвигуна приводу головного руху; $\eta = 0,85$ - коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$2,13 < (6,3 \cdot 0,85) = 5,62 \text{ кВт.}$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки даної деталі.

Основний технологічний час на обробку визначається по формулі:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S};$$

де: L - довжина різання з урахуванням врізання і перебігу різця:

$$L = l + y + \Delta = 58 + 1 + 1 = 60 \text{ мм.}$$

$l = 58$ мм. - довжина обробки по кресленню деталі;

$y = 1$ мм. – врізання різця;

$\Delta = 1$ мм. – перебіг .

$$T_o = \frac{60 \cdot 2}{200 \cdot 0,2} = 1,5 \text{ хв.}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режими різання інших операцій вибираємо по нормативних даних і зводимо в Таблицю 3.8.

3.8. Технічні характеристики обладнання

Здійснемо вибір необхідного технологічного обладнання для забезпечення виконання умов технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус ОГ 1-12.314” і наведемо необхідні технічні характеристики.

Операції 005 і 010 Токарні з ЧПК.

Вибираємо токарний верстат з ЧПК моделі 16A20Ф3С39. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:

над станиною, мм. 400

над супортом, мм. 220

Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм. 710

Крок нарізуваної метричної різі, мм. 0,5-112

Частота обертання шпинделя, об/хв. 12,5-1600

Число швидкостей шпинделя 22

Найбільше переміщення супорта

повздовжнє, мм. 645-1935

поперечне, мм. 300

Подача супорта, мм.об.

повздовжня 0,05-2,8

поперечна 0,025-1,4

Число ступеней подач 24

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт. 6,3

Габаритні розміри, мм 2505×1190

Маса, кг. 2835

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 015. Горизонтально-фрезерна

Вибираємо горизонтально-фрезерний верстат моделі 6P82Г. Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола	600×1200 мм.
Число швидкостей шпинделя	22
Частота обертання шпинделя:	
при нормальному виконанні	6,3–1200 об/хв.
при швидкохідному виконанні	63 - 1600 об/хв.
Число супортів	3
Найбільше переміщення супорта:	
(вертикальне і горизонтальне)	300 мм.
Подача	0,0315-4,0 мм/об.
Потужність головного приводу	11 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	3200 мм.
ширина	2900 мм.
Висота	1800 мм.
Маса	13 000 кг.

Операції рації 025, 030, 035. Вертикально-свердлильні.

Вибираємо вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н150. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління	65 мм.
Віддаль від осі шпинделя до	
направляючої колони шпинделя	400-1800 мм.
Віддаль від нижнього торця шпинделя	
до робочої поверхні плити	400-1400 мм.
Найбільше переміщення свердлильної головки	1200 мм.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число швидкостей шпинделя	24.
Частота обертання шпинделя	16-2200 об/хв.
Число подач шпинделя	21.
Подача шпинделя	0,01-16,20 мм/хв.
Потужність електродвигуна приводу головного руху	6,3 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	2320 мм.
ширина	1620 мм.
висота	3420 мм.

Операція 040 Вертикально-протяжна.

Вибираємо вертикально-протяжний верстат для внутрішнього протягування моделі 7Б65.

Основні технічні характеристики верстату:

Номінальна тягова сила, кН	100
Найбільша довжина ходу салазок, мм.	1250
Розмір робочої поверхні опорної плити, мм.	450×450
Діаметр отвору в планшайбі, мм.	125
Швидкість робочого ходу протяжки, м/хв.	1,5-11,5
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт.	11
Габаритні розміри, мм.	6340×2090
Маса, кг.	5200

Операції 050 і 055. Вертикально-свердлильні

Вибираємо вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н135. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління	50 мм.
Віддаль від осі шпинделя до	

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

Операція 060 Різенарізна.

Вибираємо різенарізний напівавтомат моделі 2056. Його технічні характеристики:

Діаметр нарізаємої різи	M18.
Крок нарізаємої різи	1-3,5 мм.
Частота обертання шпинделя інструменту	112-1120 об/хв.
Виліт шпинделя	200 мм.
Найбільше переміщення різенарізної головки	300 мм.
Найбільше вертикальне переміщення стола	350 мм.
Найбільше переїмщення шпинделя	90 мм.
Потужність електродвигуна приводу головного руху	1,3 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	870 мм.
ширина	590 мм.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висота

2025 мм.

Маса

450 кг.

3.9. Технічне нормування технологічного процесу

Нормування часу на відповідні операції технологічного процесу механічної обробки деталі встановлюються розрахунково-аналітичним способом.

Норми штучного часу на операцію визначається по формулі [1,с.111]:

$$T_{шт} = T_o + T_{\partial} + T_{обсл} + T_{відп} ,$$

де: T_o - основний (технологічний) час;

T_{∂} - допоміжний час;

$T_{обсл}$ - час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ - час на відпочинок та природні потреби робітника.

Оперативний час складається:

$$T_{оп} = T_o + T_{\partial} ;$$

Тоді штучний час буде складати:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп} .$$

Штучно – калькуляційний час в крупносерійному виробництві визначається по формулі:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n} ,$$

де: $T_{н.з.}$ - підготовчо-заклучний час;

$$n = \frac{N \cdot a}{F} - \text{величина партії деталей};$$

$N = 3000$ шт. - річна програма випуску деталей;

$a = 5$ - необхідний запас деталей на складі;

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F = 257$ днів – число робочих днів в році (при двох днях відпочинку в тиждень):

$$N = \frac{3000 \cdot 5}{257} = 59 \text{ деталі.}$$

Розраховуємо норму штучного часу на токарну з ЧПК операцію 005.

Час на встановлення та зняття деталі [1, с.35]:

$$T_{в.з.} = 0,21 \text{ хв.};$$

Час на вимірювання деталі [5, с.186, 187]:

$$T_{вим} = 0,2 \text{ хв.};$$

Час на управління верстатом [5, с.86]:

$$T_{уп} = 0,12 \text{ хв.};$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок [5, с.101]:

$$T_{обсл} = 4,15\%T_o$$

$$T_{відп} = 4,15\%T_o$$

Тоді допоміжний час:

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{вим} + T_{уп} = 0,21 + 0,22 + 0,12 = 0,55 \text{ хв.}$$

Так, як основний (технологічний) час на цій операції складає $T_o = 0,6 + 0,55 + 0,75 + 0,45 = 2,32$ хв., то оперативний час буде:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 2,32 + 0,55 = 2,87 \text{ хв.}$$

$$T_{обсл} = 4,15\%(2,87) = 0,119 \text{ хв.};$$

$$T_{відп} = 4,15\%(2,87) = 0,119 \text{ хв.};$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 2,87 + 0,119 + 0,119 = 3,18 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 36$ хв. [5, с.93].

Штучно калькуляційний час складе:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ит.к}} = 3,18 + \frac{36}{128} = 4,21 \text{ хв.}$$

Для решти переходів (операцій) технологічного процесу розрахунки проводимо по довідковій літературі і зводимо в Таблицю 3.9.

Таблиця 3.1 – Норми штучного часу на операції техпроцесу

Номер операції	T_0 , хв.	Допоміжний, хв.			$T_{\text{оп}}$, хв.	$T_{\text{обс}}$, хв.	$T_{\text{від}}$, хв.	$T_{\text{ит}}$, хв.	$T_{\text{н.з.}}$, хв.	n, шт.	$T_{\text{ит.к}}$, хв.
		$T_{\text{в.з.}}$	$T_{\text{вим}}$	$T_{\text{уп}}$							
005	3,89	0,21	0,2	0,12	2,87	0,119	0,119	3,18	1,23	58	4,41
010	2,35	0,21	0,2	0,21	2,97	0,118	0,118	3,2	1,0,1	58	4,21
015	3,44	0,1	0,1	0,06	3,7	0,01	0,01	3,72	0,4	58	4,02
025	1,29	0,1	0,1	0,06	1,55	0,01	0,01	1,57	0,15	58	1,72
030	1,11	0,05	0,05	0,1	1,21	0,01	0,01	1,23	0,19	58	1,42
035	1,28	0,05	0,05	0,1	1,48	0,01	0,01	1,5	0,17	58	1,67
040	0,38	0,02	0,02	0,05	0,47	00,1	0,01	0,49	0,37	58	0,86
050	0,78	0,1	0,1	0,05	0,93	0,01	0,01	0,95	0,17	58	1,12
055	0,15	0,01	0,01	0,01	0,18	0,01	0,01	0,2	0,12	58	0,32
060	0,32	0,01	0,01	0,01	0,35	0,01	0,01	0,37	0,23	58	0,6

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Розрахунок діапазону регулювання.

Діапазон регулювання при обертовому головному русі чи русі подач визначають за формулою:

$$R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

де $n_{\max}$ - максимальна частота обертання приводу, об/хв.

$n_{\min}$ - мінімальна частота обертання приводу, об/хв.

Значення $n_{\max}$ та $n_{\min}$ визначено з паспорта верстату.

Отже,

$$R = \frac{2000}{63} = 31$$

4.2. Розробка структурної формули, її оптимізація.

Для того, щоб визначити кількість ступеней Z попередньо задаються знаменником ряду геометричної прогресії φ . Значення знаменника φ відповідно із завдання становить:

$$\varphi = 1,26$$

Маючи значення знаменника ряду геометричної прогресії φ , визначають число ступеней Z за формулою: $Z = \frac{\lg R}{\lg \varphi} + 1$

де R – діапазон регулювання приводу.

$$Z = \frac{\lg 31}{\lg 1.26} + 1 = 16$$

Маючи значення числа ступеней Z складаємо структурну формулу, яку записують так:

$$Z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) \cdot \dots$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кішеня			Конструкторський розділ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Грудецький								
Перев.		Кобельник						ТНТУ, гр. МВ-41		
Н. Контр.		Кобельник								
Затверд.		Крупа								

де P_1, P_2, P_3 - число, яке вказує на кількість передач у кожній незалежній групі.

x_1, x_2, x_3 - характеристики відповідних незалежних груп.

Для коробки швидкостей із числом ступеней $Z = 16$ можливий такий варіант структурної формули:

$$Z = 4_1 \cdot 2_4 \cdot 2_8$$

Для забезпечення мінімальних габаритів коробок швидкостей та подач необхідно щоб виконувались умови:

$$P_1 > P_2 > P_3;$$

$$x_1 < x_2 < x_3$$

Іншою умовою оптимізації коробок швидкостей і подач у верстатобудуванні є такі границі передаточних відношень:

$$\frac{1}{1.26^6} = \frac{1}{4} \leq i \leq 2 = 1.26^3$$

Проте якраз даний варіант структурної формули задовольняє всі умови.

4.3. Побудова структурної сітки, графіка чисел обертів для оптимального варіанту.

Структурна сітка будується в логарифмічній шкалі з інтервалом горизонтальних ліній $\lg \varphi$ в кількості числа Z та ряду вертикальних ліній, рівному числу незалежних груп плюс 1

Побудову графіка частот обертання виконують в наступній послідовності

Визначають загальне передаточне відношення за формулою:

$$U_{\text{заг}} = \frac{n_1}{n_{\text{ел.дв.}}}$$

де $n_{\text{ел.дв.}} = 1420 \text{ об/хв.}$ – прийняте значення для даного варіанту.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n_1=63\text{об/хв.}$ – ближче прийняте значення мінімальної частоти обертання, що відповідає розрахунковій згідно стандартного ряду знаменника геометричної прогресії $\varphi=1,26$.

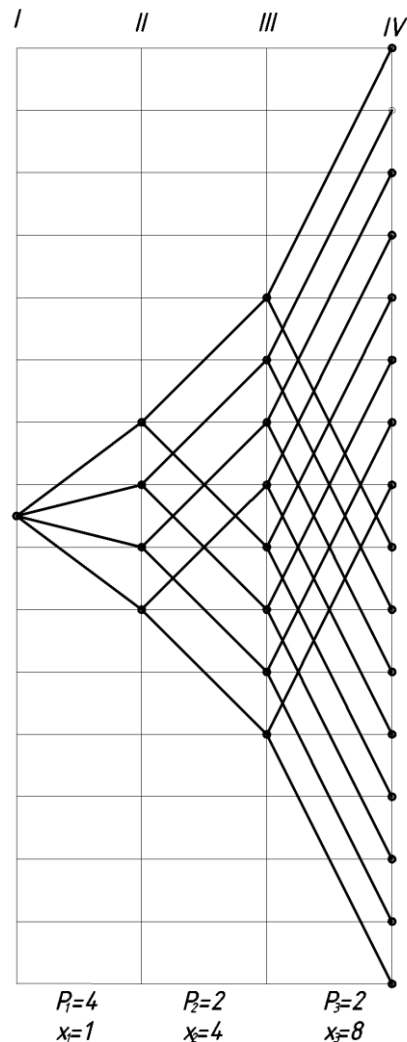


Рис. 4.1. Структурна сітка

Отже, $U_{\text{заг}} = \frac{63}{1420} = \frac{1}{23}$;

Розбивка загального передаточного відношення $U_{\text{заг.}}$ по групах проводиться так:

$$U_{\text{заг.}} = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \cdot \dots \cdot U_n,$$

де U_1, U_2, U_3 і т.д. – передаточні частоти відношення кожної групи.

Для даного варіанту: $\frac{1}{23} = \frac{1}{1,775} \cdot 1,26 \cdot \frac{1}{1,59} \cdot \frac{1}{2,52} \cdot \frac{1}{4}$

Аналізуючи передаточні відношення кожної групи, можна встановити, яку кількість клітинок перетне промінь передачі на графіку частот обертання:

$$\frac{1}{1,775} = \frac{1}{1,26^{2,5}} = \frac{1}{\varphi^{2,5}} = 0,56; \Rightarrow Y = 2,5;$$

$$1,26 = 1,26^1 = \varphi^1 \Rightarrow Y = 1;$$

$$\frac{1}{1,59} = \frac{1}{(1,26)^2} = \frac{1}{\varphi^2} \Rightarrow Y = 2;;$$

$$\frac{1}{(1,26)^6} = \frac{1}{\varphi^6} \Rightarrow Y = 6;.$$

Маючи необхідні дані будують графік чисел обертів

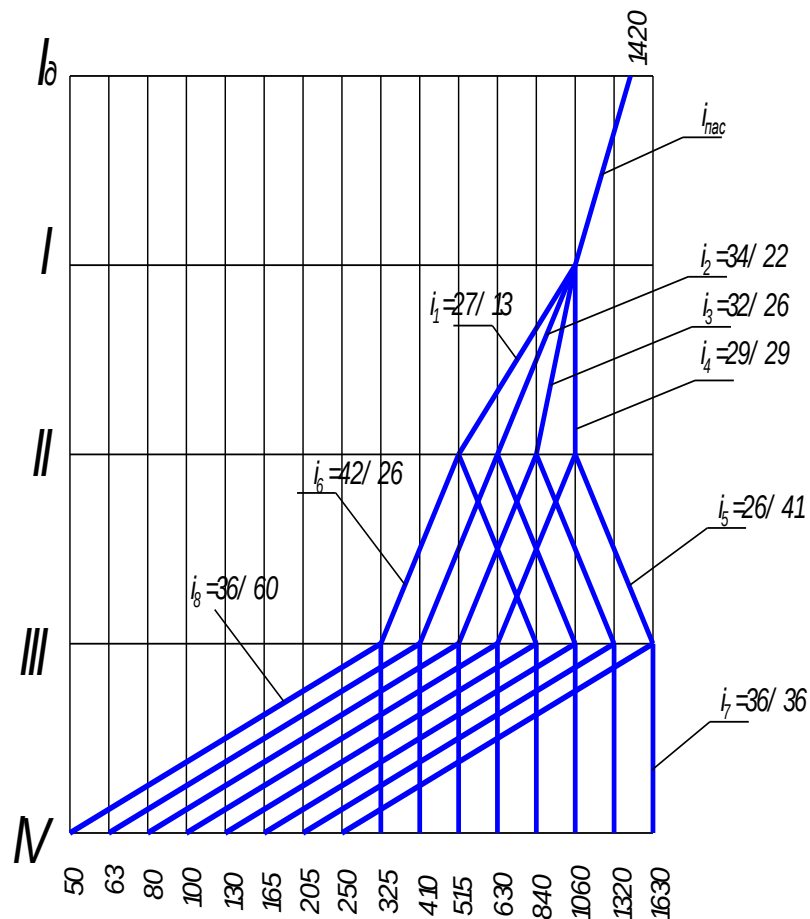


Рис. 4.2. Графік чисел обертів

4.4. Побудова кінематичної схеми приводу, визначення передавальних відношень, чисел зубців передач.

Кінематична схема лінії приводу головного руху широкоуніверсального фрезерного верстата

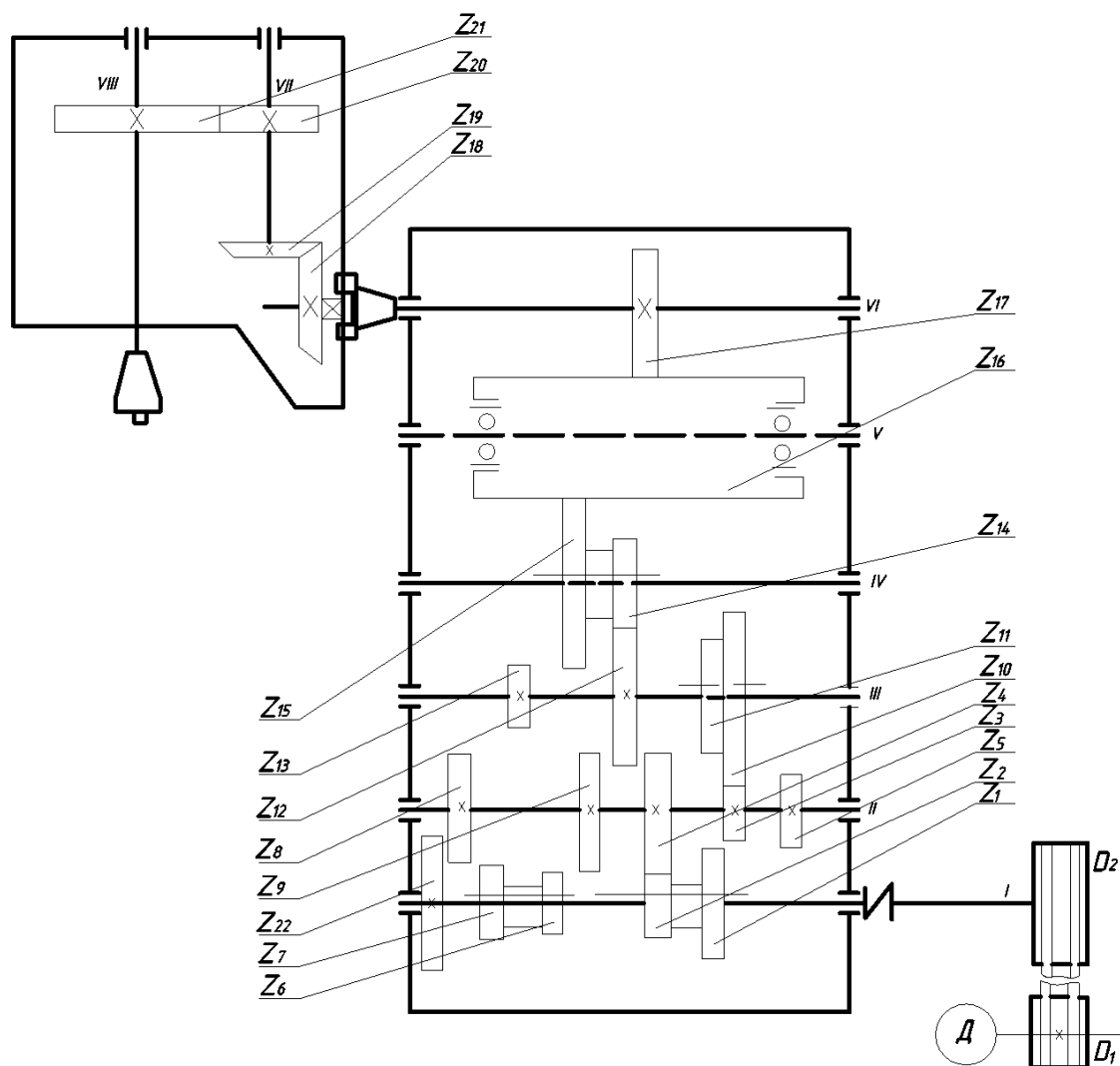


Рис. 4.3. Кінематична схема лінії приводу головного руху

Беручи до уваги графік частот обертання, наведений у попередньому пункті визначаємо передаточні відношення кожної конкретної передачі:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_0 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{\phi^{2,5}} = \frac{1}{1,775} ;;$$

де D_1, D_2 - діаметр ведучого і веденого шківів пасової передачі.

$$U_1^I = \frac{Z_1}{Z_5} = \phi^0 = 1 \quad U_1^{II} = \frac{Z_2}{Z_4} = \phi^{-1} = \frac{1}{1,26} \quad U_1^{III} = \frac{Z_6}{Z_9} = \phi^{-3} = \frac{1}{2}$$

$$U_1^{IV} = \frac{Z_7}{Z_8} = \phi^{-2} = \frac{1}{1,59} \quad U_2^I = \frac{Z_3}{Z_{10}} = \frac{1}{\phi^4} = \frac{1}{2,52} \quad U_2^{II} = \frac{Z_4}{Z_{11}} = \frac{1}{\phi^0} = 1;$$

$$U_3^I = \frac{Z_{12}}{Z_{14}} = \phi^4 = 2,52; \quad U_3^{II} = \frac{Z_{13}}{Z_{15}} = \frac{1}{\phi^4} = \frac{1}{2,52}.$$

Маючи конкретні значення передаточних відношень для кожної незалежної групи, можна визначити числа зубців окремих зубчастих коліс що входять до неї. При цьому приймають, що модуль всіх зубчастих коліс групи однаковий, а міжосьова ві незмінна.

Приймаю кількість зубців для кожної пари передач згідно додатку 2 [3,ст.80].

U	U_0	U_1^I	U_1^{II}	U_1^{III}	U_1^{IV}	U_2^I	U_2^{II}	U_3^I	U_3^{II}
$\frac{Z_i}{Z_{i+1}}$	$\frac{D_1}{D_2}$	$\frac{Z_1}{Z_5}$	$\frac{Z_2}{Z_4}$	$\frac{Z_6}{Z_9}$	$\frac{Z_7}{Z_8}$	$\frac{Z_3}{Z_{10}}$	$\frac{Z_4}{Z_{11}}$	$\frac{Z_{12}}{Z_{14}}$	$\frac{Z_{13}}{Z_{15}}$
Значення	$\frac{80}{142}$	$\frac{27}{31}$	$\frac{24}{34}$	$\frac{18}{40}$	$\frac{21}{37}$	$\frac{19}{49}$	$\frac{34}{34}$	$\frac{50}{21}$	$\frac{19}{52}$
$\sum Z$	-//-	58				68		71	

Визначаємо фактичне передаточне відношення (max):

$$U_{\phi, \max} = \frac{80}{142} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{19}{49} \cdot \frac{19}{52} = \frac{1}{26}$$

Відхилення дійсного передаточного відношення від номінального становить:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\Delta = \frac{U_{ном} - U_{ф.мах}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{\frac{1}{23} - \frac{1}{26}}{\frac{1}{23}} \cdot 100\% = 1,13\%$$

Дане відхилення не перевищує допустимого (5%).

Отже розрахунки чисел зубців передач проведені вірно.

4.5. Розробка конструкції приводу та її розрахунок.

4.5.1. Визначення оптимальних крутних моментів та швидкостей на валах кінематичного ланцюга приводу.

Визначення крутних моментів для всіх валів кінематичного ланцюга приводу проводиться за формулою:

$$T_{np} = 9550 \frac{N_{дв.} \cdot \eta}{n_{розр.}};$$

де η - ККД механізму від електродвигуна до розглядуваного валу;

$$\eta = \eta_n^\alpha \cdot \eta_3^\alpha \cdot \eta_{ми}^\alpha = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,997^6 = 0,89$$

$n_{розр}$ - частота обертання заданого валу, об/хв.

Найбільший крутний момент на валу двигуна становить:

$$T_{дв} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{1420} = 9 \text{ Нм}$$

Найбільший крутний момент на вхідному валу коробки передач становить:

$$T_{np.1} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{800} = 15,9 \text{ Нм}$$

Найбільший крутний момент на другому валі коробки передач становить:

$$T_{np.2} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{400} = 31,87 \text{ Нм}$$

Найбільший крутний момент на третьому валі коробки передач

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становить:

$$T_{np3} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{160} = 80 \text{ Нм}$$

Найбільший крутний момент на шпинделі вертикальної головки становить:

$$T_{np4} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{63} = 202,3 \text{ Нм}$$

Кутові швидкості на валах кінематичного ланцюга визначають за формулою: $\omega = \frac{\pi n}{30}$

де n – частота обертання відповідно валу, об/хв.

Отже кутова швидкість вхідного валу коробки швидкостей становить:

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7 \frac{1}{c}$$

Найбільша кутова швидкість на другому валі коробки швидкостей:

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7 \frac{1}{c}$$

Найбільша кутова швидкість, на третьому валі коробки швидкостей:

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7 \frac{1}{c}$$

Найбільша кутова швидкість, на шпинделі:

$$\omega_{um} = \frac{3,14 \cdot 2000}{30} = 209,4 \frac{1}{c}$$

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

Розрахунок проводимо для останньої передачі коробки швидкостей (розрахунок ведеться по вітці яка знаходиться на 1/3 від нижньої вітки на графіку чисел обертів).

Крутний момент на шпинделі $T = 63,74 \text{ Нм}$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимі контактні напруги $[\sigma]_H = 370 \text{ МПа}$

Число зубів шестерні $Z_1 = 19$

Число зубів колеса $Z_2 = 52$

Кількість обертів вала $n = 200 \text{ об/хв.}$

Визначаємо модуль передачі з умови міцності на згин:

$$m = 12.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_u}{y \cdot Z_k \psi_m [\sigma]_u}}$$

Приймаємо:

$$K_u = 1,1$$

$$y = 0,284$$

$$\psi_m = 6$$

Тоді:

$$m = 12.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{63,74 \cdot 1,1}{0,285 \cdot 102 \cdot 6 \cdot 370}} \approx 1,68$$

Згідно стандартного ряду модулів зубчастих коліс приймаємо модуль передачі рівний $m = 2$

Визначаю міжосьову відстань з умови поверхневої міцності:

$$A = 10(U + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U \cdot [\sigma]_{нов}}\right)^2 \frac{T_{об}}{\psi_\lambda}}$$

де: $[\sigma]_{нов} = \sigma_{к.д.} \cdot K_{к.рез.}$

$$\sigma_{к.д.} = 900 \text{ МПа}$$

$$K_{к.рез.} = 1.2 \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_o \cdot P}{60 \cdot T_p \cdot n_p}} = 1.2 \sqrt[6]{\frac{1.7 \cdot 10^8 \cdot 1.1}{60 \cdot 63,74 \cdot 200}} \approx 3$$

$$[\sigma]_{нов} = 900 \cdot 3 = 2700 \text{ МПа}$$

Знаходимо міжосьову відстань $A_{розр.}$:

$$A = 10(2.5 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{2.5 \cdot 2700}\right)^2 \frac{63,74}{0.15}} = 35,3 \text{ мм}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо величину міжосьової відстані, одержану з модуля передачі:

$$A = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{2(19 + 52)}{2} = 71 \text{ мм}$$

Оскільки одержана величина «А» більше «А_{розр.}», то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину і контактній міцності. Модулі всіх інших передач в коробці передач з технологічних міркувань приймемо таким же. Міжосьові відстані між іншими валами знаходимо з одержаного модуля.

$$A_1 = \frac{m(Z_1 + Z_5)}{2} = \frac{2(27 + 31)}{2} = 58 \text{ мм}$$

$$A_2 = \frac{m(Z_4 + Z_{11})}{2} = \frac{2(34 + 34)}{2} = 68 \text{ мм}$$

4.5.3. Орієнтовний розрахунок конструктивних параметрів проміжкових валів приводу.

Орієнтовний розрахунок конструктивних параметрів проміжних валів приводу передбачає визначення їх мінімальних діаметрів. Базуючись на інженерному досвіді, ці мінімальні діаметри визначаються з умови міцності на кручення, при цьому застосовуються занижені значення крутних напружень.

Первинне визначення діаметра вала за умовою міцності на кручення проводиться для перерізів, що знаходяться під зубчастими колесами. З огляду на те, що в цих перерізах вал одночасно піддається впливу як крутного, так і згинального моментів, розрахунок діаметра для цих ділянок здійснюється з використанням заниженого допустимого напруження, що враховує комбінований характер навантаження.

$$[\tau] = 12 \text{ МПа} \quad ([2], \text{ ст. 421}).$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \times [\tau]}}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий крутний момент на вхідному валу коробки передач становить:

$$T_{np.1} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,87}{800} = 15,9 \text{ Нм}$$

Розрахунковий крутний момент на другому валі коробки передач становить:

$$T_{np.2} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{400} = 31,87 \text{ Нм}$$

Розрахунковий крутний момент на третьому валі коробки передач становить:

$$T_{np3} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{160} = 80 \text{ Нм}$$

Розрахунковий крутний момент на шпинделі становить:

$$T_{np4} = 9550 \frac{1,5 \cdot 0,89}{63} = 202,3 \text{ Нм}$$

Розрахунковий діаметр першого вала.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{15,9 \times 10^3}{0,2 \times 12}} = 18,7 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр другого вала.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{31,87 \times 10^3}{0,2 \times 12}} = 23,68 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр третього вала.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{80 \times 10^3}{0,2 \times 12}} = 32,18 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр четвертого вала.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{202,3 \times 10^3}{0,2 \times 12}} = 43,8 \text{ мм.}$$

Розрахунок проводиться для другого проміжного валу коробки швидкостей. Розрахунок ведеться по варіанту при якому передається

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільший крутний момент.

Розрахункова схема валу така:

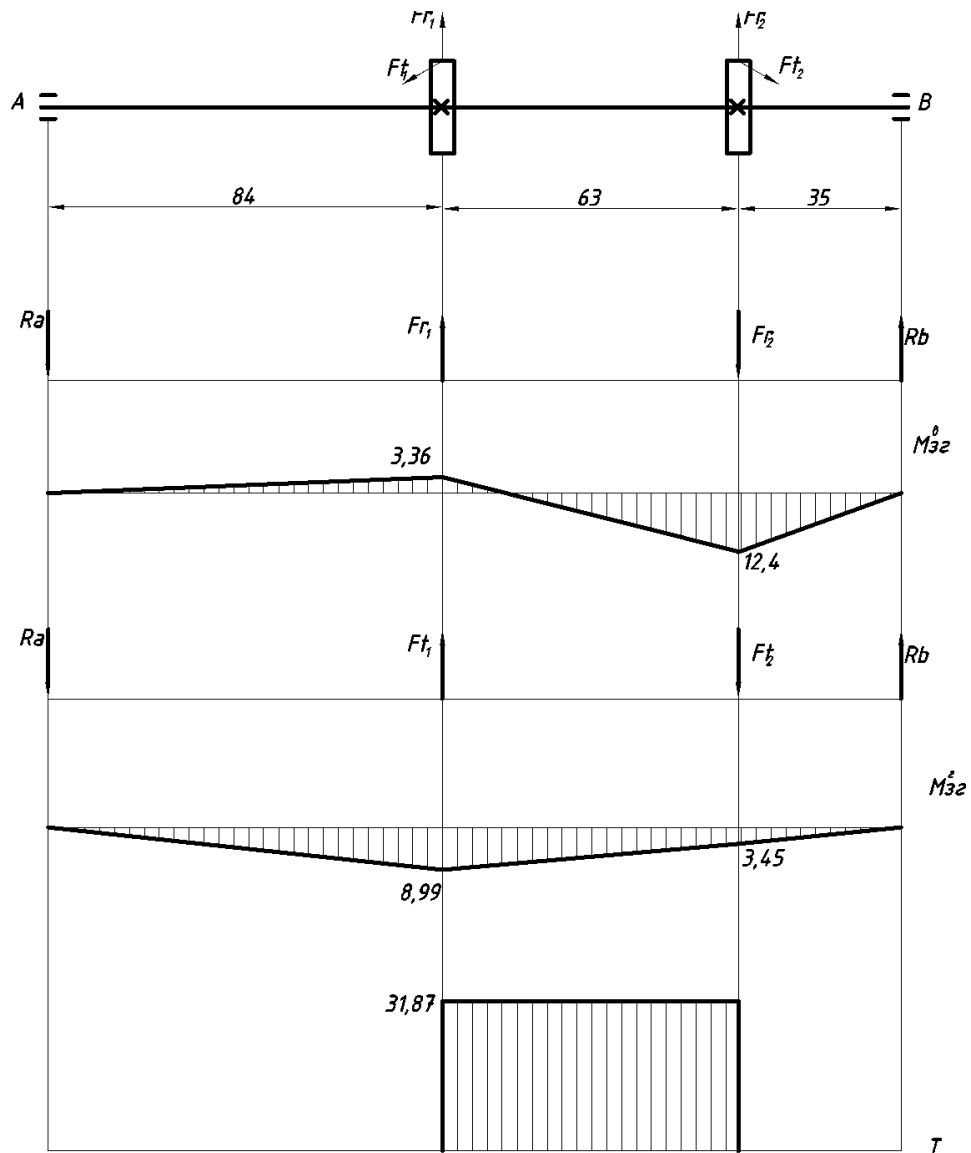


Рис.4.4. Розрахункова схема валу

Вал виготовляють із сталі 45. Для даної сталі згідно ГОСТ 1050-74 приймають:

$$\sigma_s = 610 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_T = 360 \text{ Мпа}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спочатку проводять розрахунок на статичну міцність, на сумісну дію згину та кручення. Крутний момент, що передає вал, рівний: $T=31,87\text{Нм}$

Колову силу, що діє в зубчастому зачепленні визначають за формулою: $F_t = \frac{2T}{d}$, де d – діаметр ділильного кола, м.

Колова сила F_{t1} для першого зачеплення становить:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 31,87}{0,08} = 797 \text{ Н}$$

Для другого зачеплення становить:

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 31,87}{0,038} = 1677 \text{ Н}$$

Радіальну силу, що діє в зубчастому зачепленні визначають за формулою:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де α - кут зачеплення у передачі; $\alpha = 20^\circ$.

$$\text{Отже, } F_{r1} = 797 \cdot \operatorname{tg} 20 = 290 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = 1677 \cdot \operatorname{tg} 20 = 604 \text{ Н}$$

Для визначення реакцій в опорах складають рівняння рівноваги:

а) у вертикальній площині.

Опорні реакції:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \\ F_{t1} \cdot a - F_{t2}(a+b) + R_b(a+b+c) &= 0; \\ R_b &= \frac{290 \cdot 84 - 604 \cdot 84 + 63}{84 + 63 + 35} = 354 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0; \\ R_a(a+b+c) - F_{t1}(b+c) + F_{t2} \cdot c &= 0; \\ R_a &= \frac{-604 \cdot 35 + 290 \cdot (35 + 63)}{84 + 63 + 35} = 40 \end{aligned}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0; \\ R_a - F_{t1} + F_{t3} - R_b &= 0; \\ 40 - 290 + 604 - 354 &= 0.\end{aligned}$$

б) в горизонтальній площині.

Опорні реакції

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0; \\ F_{t1} \cdot a - F_{t2} \cdot (a + b) + R_b \cdot (a + b + c) &= 0; \\ R_b &= \frac{-797 \cdot 84 + 1677 \cdot (84 + 63)}{84 + 63 + 35} = 987 \text{ Н}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0; \\ R_a \cdot (a + b + c) - F_{t1} \cdot (b + c) + F_{t2} \cdot c &= 0; \\ R_a &= \frac{1677 \cdot 35 - 797 \cdot (63 + 35)}{84 + 63 + 35} = 107 \text{ Н}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0; \\ R_a - F_{t1} + F_{t3} - R_b &= 0; \\ 107 - 797 + 1677 - 987 &= 0.\end{aligned}$$

Повний згинний момент що виникає у перерізі I – I становить:

$$M_{w1} = \sqrt{3,36^2 + 8,99^2} = 9,6 \text{ Нм}$$

Повний згинний момент що виникає у перерізі II – II становить:

$$M_{w2} = \sqrt{12,4^2 + 34,5^2} = 36,7 \text{ Нм}$$

Для подальших розрахунків приймаємо згинний момент $M = 121,44 \text{ Нм}$

Приведений (еквівалентний) момент, що виникає на валу визначають за формулою:

$$M_{екв} = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$M_{екв} = \sqrt{36,7^2 + 31,87^2} = 48,6 \text{ Нм}$$

Діаметр вала в небезпечному перерізі визначають за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{екв}}{[\sigma_{32}]}}$$

де $[\sigma_{32}] = 85 \text{ МПа}$ – допустимі напруження згину для сталі 45

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Отже, } d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 48,6 \cdot 10^{-6}}{85}} = 17,9 \text{ мм.}$$

Згідно з рядом Ra40 приймаємо діаметр вала 18мм.

Розрахунок вала на жорсткість проводять за формулою: $y \leq [y]$

де y – прогин валу у даному положенні, мм;

$[y]$ – допустимі значення прогину, мм.

$[y]$ визначається із такої формули: $[y] = 0.0002l$,

де l – відстань між опорами, мм.

В даному випадку $l = 320 \text{ мм}$. Отже, $[y] = 0,064 \text{ мм}$.

Величину прогину валу визначають по середині між опорної віддалі.

В даному випадку прогин становить:

$$y = \frac{F_{r1} \cdot (a+b)^2 \cdot c^2}{3 \cdot E \cdot J \cdot l}$$

де $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} - \text{осьовий момент інерції перерізу валу, } \text{мм}^4$$

$$J = \frac{3.14 \cdot 18^4}{64} = 5150 \text{ мм}^4$$

$$\text{Отже, } y = \frac{290 \cdot (84+63)^2 \cdot 35^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5150 \cdot 182} = 0.0000197 \text{ мм}$$

$y < [y]$. Отже умова жорсткості виконується.

Для валу підбираємо згідно ГОСТ 1139-58 шліцеве з'єднання

$$z \times d \times D = 6 \times 23 \times 28; \quad b = 4$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

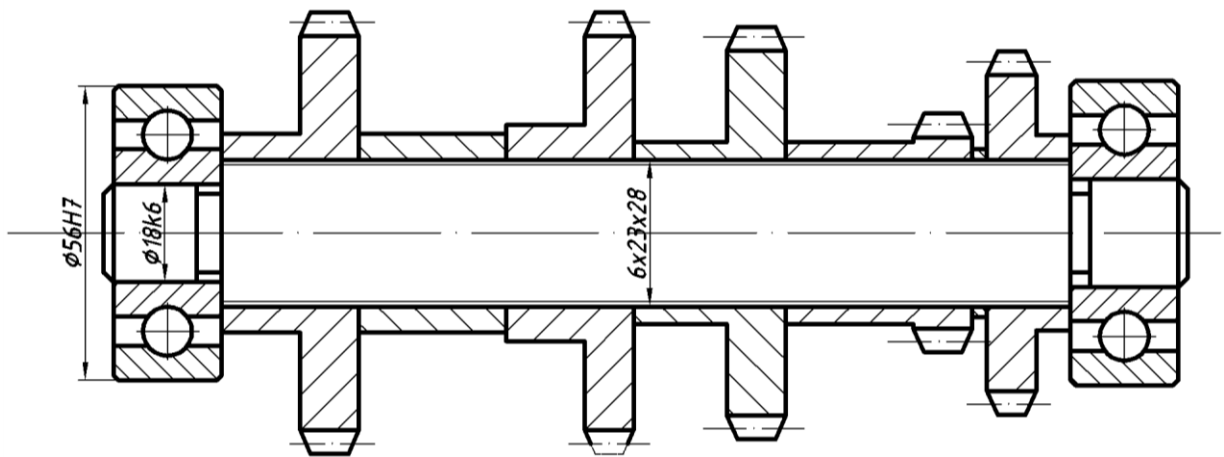


Рис.4.5. Ескіз конструювання валу

4.5.4. Розрахунок та підбір підшипників в якості опор валів приводу.

Радіальні навантаження на опори вала $R_A = 114H$; $R_B = 1049H$; осьове навантаження вала $F_a = 0H$; діаметр цапф вала для підшипників $d_n = 18mm$. Додаткові відомості та умови роботи підшипників: кутова швидкість вала $\omega_{max} = 83,7 rad/s$ потрібна довговічність підшипників $L_h = 20000$ год. при 90% надійності; [2], ст. 442; типовий режим навантаження опор вала – важкий (В); короткочасні перевантаження до 100%.

Аналіз умов навантаження та вибір типорозміру підшипників.

Найнавантаженішою опорою є опора В, оскільки вона навантажена найбільшою радіальною силою R_B , маючи діаметр цапф підшипники, будемо орієнтуватись на роликові підшипники середньої серії 303, для яких із довідника [5], ст. 194 маємо: базова статична вантажність $C_0 = 7940H$; базова

динамічна вантажність $C_r = 12500H$.

Знаходимо еквівалентне навантаження

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з умови роботи підшипників беремо: $V = 1$ – бертається внутрішнє кільце підшипника;

$K_\delta = 1$ – коефіцієнт безпеки при короткочасних перевантаженнях до 100%; $K_T = 1$ – температурний коефіцієнт при робочій температурі до 100°C . [2], ст. 443.

$$P_1 = (\cdot R_a) \cdot K_\delta \cdot K_T = (114) \cdot 1.4 = 159\text{H}$$

$$P_2 = (\cdot R_b) \cdot K_\delta \cdot K_T = (1049) \cdot 1.4 = 1468,6\text{H}$$

Визначаємо розрахункову довговічність підшипника

$$K_{HE} = 0.25$$

$$L_{HE} = K_{HE} \cdot L_h = 0.25 \cdot 20000 = 5000$$

$$L_E = 60 \times 10^3 \cdot 150 \cdot 5000 = 45 \text{ мрдоб}$$

$$C = P_p \sqrt{\frac{L}{a_1 \cdot a_2}} = 1468,6^{3.33} \sqrt{\frac{45}{0.7}} = 5127$$

Вибраний підшипник задовольняє дані умови

де $p = 3.33$ – показник степеня для роликових конічних підшипників.

$a_1 = 1$ – коефіцієнт надійності

$a_2 = 0.7$ – узагальнений коефіцієнт

Вибраний підшипник задовольняє дані умови

Перевіряємо на статичну грузопідйомність

$$X = 0.5 \quad Y = 1.04$$

$$P_0 = X_0 R_A + Y_0 R_B = (0.5 \cdot 114 + 1.04 \cdot 1049) \cdot 2 = 2295$$

Вибраний підшипник задовольняє дані умови

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6. Розрахунок шпиндельного вузла за критерієм жорсткості.

4.6.1. Розробка розрахункової схеми.

Від правильно складеної схеми залежить подальший розрахунок шпиндельного вузла.

Розрахункова схема шпиндельного вузла може бути подана наступним чином:

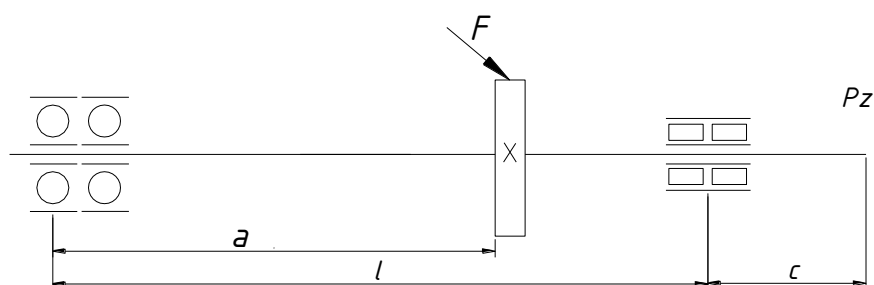
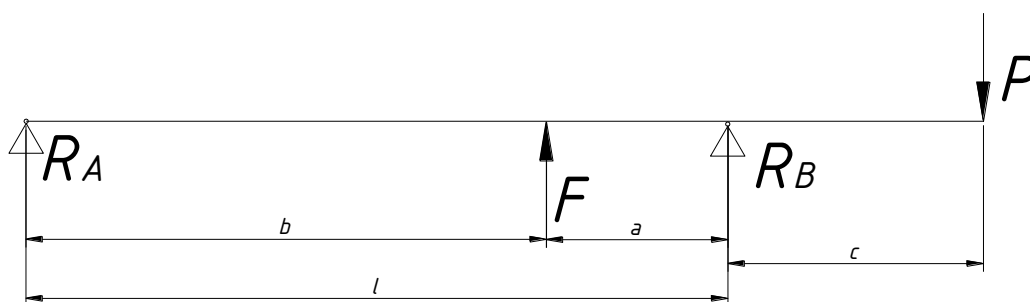


Рис.4.6. Розрахункова схема шпиндельного вузла

Конструктивну схему шпиндельного вузла можна подати так:



де P_1 - сумарна сила, яка виникає у процесі різання

$$P_1 = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} ;$$

де P_z - тангенціальна складова сили різання, Н.

P_y - радіальна складова сили різання, Н.

Розрахунково тангенціальну складову P_z визначають із умови забезпечення потужності верстату за формулою:

$$P_z = \frac{N \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{\pi \cdot d \cdot n}$$

де N – потужність різання, кВт;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

d – діаметр оброблюваної деталі, м.

Отже:

$$P_x = \frac{1,5 \cdot 0,75 \cdot 63 \cdot 1020 \cdot 1000}{3,14 \cdot 60 \cdot 63} = 580 \text{ Н}$$

Складову сили різання P_y визначають у пропорції відносно складової P_z за теоріями різання металів.

$$P_y = 2P_z = 2 \cdot 580 = 1160 \text{ Н}$$

Отже, сила P_1 становить:

$$P_1 = \sqrt{580^2 + 1160^2} = 1297 \text{ Н}$$

При передачі крутного моменту на шпіндель відповідно діють колова і радіальна сили

$$F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \cdot 202,3}{0,076} = 5324 \text{ Н}$$

$$F_r = \operatorname{tg} 20^\circ \cdot F_t = 0,35 \cdot 5324 = 1917 \text{ Н}$$

$$F = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} = \sqrt{5324^2 + 1917^2} = 5659 \text{ Н}$$

4.6.2. Розрахунок ШВ за критерієм жорсткості.

При розрахунку шпинделя на жорсткість визначають величину прогину кінця шпинделя в місці кріплення інструменту та порівнюють її з

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допустимою величиною. Рівняння прогину кінця шпинделя для даної схеми наведеної у попередньому пункті запишеться наступним чином:

$$y = P \left[\frac{(l+c)^2}{j_A l^2} + \frac{c^2}{j_B l^2} + \frac{c^2}{3EI_K} + \frac{lc^2}{3EI_{II}} \right] + F \left[\frac{(l+c)b}{j_A l^2} - \frac{ac}{j_B l^2} - \frac{abc(l+b)}{6EI_{II} l} \right]$$

де c – довжина кожної частини, мм.

$E = 2.1 \cdot 10^5$ - модуль пружності для матеріалу шпинделя

J_K і J_{II} - момент інерції січення шпинделя в передній опорі.

$[y]$ – допустима величина прогину кінця шпинделя, мм.

Для практичних розрахунків приймають $[y]=0,0001 l$,

$$[y] = 0.0001 \cdot 690 = 0.069 \text{ мм}$$

де l – величина міжопорної відстані, мм.

Значення величини c, l, J виражають відносно номінального значення діаметру шпинделя D_4 згідно прийнятих нормативів такими залежностями.

Підставляючи всі перелічені величини у формулу визначають прогин шпинделя:

$$y = 580 \left[\frac{(156+30)^2}{11000 \cdot 156^2} + \frac{30^2}{1300 \cdot 56^2} + \frac{30^2}{3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 4599609} + \frac{156 \cdot 30^2}{3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 1702959} \right] + 5659 \left[\frac{(156+30)87}{220 \cdot 156^2} - \frac{69 \cdot 30}{30 \cdot 156^2} - \frac{69 \cdot 87 \cdot 30(156+87)}{6 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 1702959} \right] = 0.0141 < 0,0156 \text{ мм}$$

Згідно схеми поданої у попередньому пункті уточнюємо діаметри посадочних місць та вибираємо підшипники.

В даному випадку приймаємо: передня опора – двохрядний роликовий підшипник 3182120 ($d=100\text{мм}$; $D=150\text{мм}$; $B=37\text{мм}$; $C=73500\text{Н}$; $n_{\text{max}}=5000$ об/хв.; $m=1,82\text{кг}$)
Задня опора: два шарикових радіально -опорних підшипника 46216 ($d=80\text{мм}$; $D=140\text{мм}$; $B=26\text{мм}$; $C=68900 \text{ Н}$; $n_{\text{max}}=4000$ об/хв.; $m=1,68\text{кг}$);

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення реакцій у опорах (підшипниках) складають розрахункову схему.

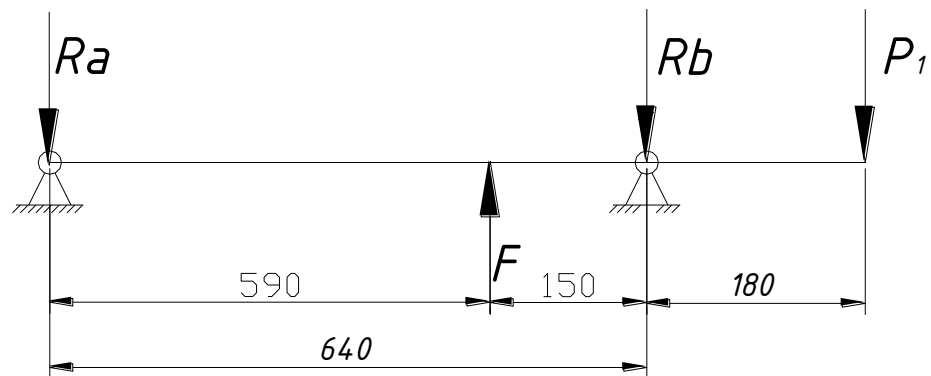


Рис.4.7. Розрахункова схема шпиндельного вузла

Складають рівняння рівноваги:

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_a(a+b) - F \cdot b - P \cdot c = 0$$

$$R_a = \frac{5659 \cdot 69 + 1237 \cdot 30}{156} = 2752 \text{ H}$$

$$\sum M_A = 0;$$

$$-F \cdot a - R_b(a+b) + P(a+b+c) = 0$$

$$R_b = \frac{5659 \cdot 87 - 1297 \cdot 186}{156} = 1610 \text{ H}$$

Еквівалентне динамічне навантаження в передній опорі складає:

$$P_B = R_b = 1610 \text{ H}$$

Еквівалентне динамічне навантаження в задній опорі складає:

$$P_A = R_a = 2752 \text{ H}.$$

Довговічність підшипника визначаємо за формулою:

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

де n – частота обертання валу, об/хв.

P – коефіцієнт, що враховує форму тіл кочення.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підшипника передньої опори: $L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 63} \left(\frac{132500}{16110} \right)^3 = 6,7 \cdot 10^4 \text{ год.}$

Для підшипника задньої опори: $L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 63} \left(\frac{68900}{1610} \right)^3 = 4,2 \cdot 10^5 \text{ год.}$

Оскільки $L_n > 15000 \text{ год.}$ Отже епюри вибрані вдало.

Жорсткість опор визначають за формулою:

$$j = \frac{R}{S'_r + S''_r}$$

де R – радіальна реакція опори, Н.

$S'_r + S''_r$ - повна деформація, що виникає у підшипнику.

Величину деформації визначають за формулою:

$$S''_r = \frac{4 \cdot R \cdot K_r}{\pi \cdot d \cdot B} \left(1 + \frac{d}{D} \right)$$

де d, D, B – розміри підшипника, мм.

$K_r = 0,005$ – поправочний коефіцієнт.

Величина деформації для передньої опори становить:

$$S''_r = \frac{4 \cdot 33170 \cdot 0,005}{3,14 \cdot 100 \cdot 37} \left(1 + \frac{100}{150} \right) = 0,0095 \text{ мм.}$$

Величина деформації для задньої опори становить:

$$S''_r = \frac{4 \cdot 11870 \cdot 0,005}{3,14 \cdot 80 \cdot 52} \left(1 + \frac{80}{140} \right) = 0,0028 \text{ мм}$$

Величину деформації S'_r визначаємо для передньої опори за формулою:

$$S'_r = K_\delta \cdot S_{ro}$$

де $K_\delta = 0,25$ – коефіцієнт податливості, визначається з графіка [6, ст.31 рис1Б]

$S_{ro} = 2,9$ – радіальна податливість, визначається з графіка [6, ст.31 рис1Б]

Отже: $S'_r = 0,25 \cdot 2,9 = 0,81.$

Величину деформації S'_r для задньої опори визначають за формулою:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S'_r = 0.03 \cdot d_{uu} \cdot K_R$$

де $d_{uu}=7,94$ – діаметр кульок підшипника, мм.

$K_R=0,005$ – допоміжний коефіцієнт радіальної податливості який визначається з графіка [6, ст.32 рис 18] за відомим значенням коефіцієнту K'_a що рівний $K'_a=0,021$ – графік [6, ст.32, рис17].

Отже, S'_r для заданої опори становить: $S'_r=1,19$ мкм

Величина повної деформації становить:

- для передньої опори: $f = 9.5 + 0.81 = 1.76$ мкм
- для задньої опори: $f = 2.8 + 1.19 = 3.99$ мкм.

Жорсткість опор становить:

- передня опора: $j = \frac{1610}{10.31} = 156,2$ Н/мкм.
- Задня опора: $j = \frac{2752}{3.99} = 689,7$ Н/мкм.

4.6.3. Оптимізація конструктивних параметрів ШВ.

Оптимізація основних параметрів шпиндельних вузлів доцільно проводити в наступному порядку:

1. Уточнення довжини консолі, а виходячи із цільового призначення верстату, спосіб кріплення інструменту.
2. Вибір типу підшипників та їх жорсткості.
3. Попередній вибір діаметрів шийок шпинделів.
4. Розрахунок основних характеристик шпиндельних опор: навантажувальна здатність, температурні режими.
5. Оптимізація відстані між опорами.
6. Перевірка жорсткості міжопорної частини по граничних умовах, забезпечення нормальної роботи шпиндельного вузла.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно рекомендацій шпindel звільнено від шліців. Шпindel зроблено пустотілим, що дає змогу обробляти деталі типу прутків і тому шпindel проходить через всю коробку.

4.7 Коробка подач верстата

Коробка подач, розміщена в окремому корпусі (13), є ключовим вузлом, що відповідає за рух стола та шпindelної бабки верстата. Вона інтегрована зі станиною та отримує обертання від головного електродвигуна через клиноремінну передачу до першого валу коробки швидкостей, який далі приводить у рух шість валів самої коробки подач.

Завдяки цій системі верстат може здійснювати 16 різних швидкостей подачі, а також прискорені переміщення, що значно розширює його можливості.

Механізм зміни подач подібний до того, що використовується в коробці швидкостей, і розташований на передній панелі коробки подач. Для налаштування подачі оператору необхідно підняти рукоятку перемикачання (6), що розводить диски (14) з отворами. Поворотом грибка (10) та пов'язаних з ним дисків встановлюється бажана передача. Після цього рукоятка повертається у вихідне положення, і пальці, через важелі, перемикають відповідні блоки шестерень. Важливою особливістю є можливість корекції, якщо зуби шестерень не збігаються – в такому випадку слід повернути перший вал коробки швидкостей (12) за допомогою маховика. Під час цих операцій хрестова рукоятка має бути у нейтральному положенні.

Функція реверсу шпинделя реалізована через взаємодію пружинного фіксатора (9) та штифта (4), який переміщує шестерню (3) на першому валу (1) коробки подач для зачеплення з шестернею на верхньому валу. Це забезпечує зміну напрямку обертання, зберігаючи при цьому незмінний

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрямок руху механізму подач після першого вала коробки. Для швидкого переміщення стола чи бабки передбачена рукоятка (8), натискання на яку активує прискорений рух. Роботу поршневого насоса (5) забезпечує ексцентрик (2), що приводить його в зворотно-поступальний рух.

4.7.1. Силевий розрахунок коробки подач.

Визначимо обертаючий момент і потужність, що передається кожним валом коробки подач при найбільшій частоті обертання двигуна.

Коефіцієнти корисної дії передач і опор вибираємо згідно [2, стор. 5]

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти корисної дії передач і опор.

Передача або опора	Значення КПД
1. Пасова передача клиновим ременем	0,97
2. Циліндрична передача в закритому корпусі	0,98
3. Підшипник кульковий	0,995
4. Підшипник роликовий	0,995

Згідно [2, стор.4] визначаємо обертаючий момент на кожному валові:

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{30P_n}{\pi \cdot n_n}$$

де P_n – потужність, передана відповідним валом,

ω_n – кутова швидкість обертання вала,

n_n – частота обертання вала.

Визначимо потужність, що передається кожним валом:

$$P_{1к.с} = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}$$

$$P_1 = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}^2 \cdot \eta_{з.п.}^2$$

$$P_2 = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}^3 \cdot \eta_{з.п.}^3$$

$$P_3 = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}^4 \cdot \eta_{з.п.}^4$$

$$P_4 = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}^5 \cdot \eta_{з.п.}^5$$

$$P_5 = P_{\partial} \cdot \eta_{рем} \cdot \eta_{подш}^6 \cdot \eta_{з.п.}^6$$

де P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – потужність, що передається кожним валом,

P_{∂} – потужність двигуна,

$\eta_{рем}$ – ККД пасової передачі,

$\eta_{подш}$ – ККД підшипників,

$\eta_{з.п.}$ – ККД циліндричної прямозубої зубчастої передачі.

$$P_{1к.с} = 2200 \cdot 0,97 \cdot 0,995 = 2123 \text{ Вт}$$

$$P_1 = 2200 \cdot 0,97^2 \cdot 0,995^2 = 2049 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 2200 \cdot 0,97^3 \cdot 0,995^3 = 1978 \text{ Вт}$$

$$P_3 = 2200 \cdot 0,97^4 \cdot 0,995^4 = 1908 \text{ Вт}$$

$$P_4 = 2200 \cdot 0,97^5 \cdot 0,995^5 = 1842 \text{ Вт}$$

$$P_5 = 2200 \cdot 0,97^6 \cdot 0,995^6 = 1778 \text{ Вт}$$

Визначимо частоту обертання кожного вала на передачах діючих на рисунку 4.1.

$$n_{шк1} = n_{\partial} = 1420 \text{ об / хв}$$

$$n_{1к.с} = \frac{1420}{131/80} = \frac{1420}{0,61} = 867 \text{ об / хв}$$

$$n_1 = \frac{867}{64/21} = 284 \text{ об / хв}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_2 = \frac{284}{62/28} = 1280 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = \frac{128}{61/34} = 71,30 \text{ об/хв}$$

$$n_4 = \frac{71,3}{43/39} = 64,70 \text{ об/хв}$$

$$n_5 = \frac{67,7}{66/20} = 20,50 \text{ об/хв}$$

Визначимо обертаючий момент на кожному валові на передачах, що діють на рисунку 4.1.

$$T_{1к.с} = \frac{30 \cdot 2123}{3,14 \cdot 284} = 23,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_1 = \frac{30 \cdot 2049}{3,14 \cdot 284} = 68,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = \frac{30 \cdot 1978}{3,14 \cdot 128} = 147,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = \frac{30 \cdot 1908}{3,14 \cdot 71,3} = 255,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = \frac{30 \cdot 1842}{3,14 \cdot 64,7} = 272 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_5 = \frac{30 \cdot 1778}{3,14 \cdot 20,5} = 828,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4.7.2 Розрахунок валів коробки подач.

Вали є критично важливими компонентами коробки подач. У робочому режимі вони піддаються деформаціям, що виникають від дії зовнішніх сил, а також від власної маси та інерційних характеристик насаджених на них

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей. Однак, у типових інженерних розрахунках, вплив мас самих валів та встановлених на них деталей є порівняно невеликим, що дозволяє нехтувати ним. Таким чином, аналіз обмежується обліком та оцінкою зовнішніх сил, що діють на вал під час його функціонування.

Розрахунок проведемо на крутіння по знижених напругах, що допускаються.

Ведучій вал (вал 1):

Діаметр вихідного кінця при напрузі, що допускається, $[\sigma] = 20$ Мпа (сталь 40Х) по формулі [2. стр. 161]:

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_{K1}}{\pi \cdot [\tau_K]}}$$

$$d_{B1} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 68,9 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 25,99 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення зі стандартного ряду: $d_{B1} = 26$ мм.

Діаметр вала під підшипники приймаємо $d_{П1} = 30$ мм, під зубчастими колесами $d_{K1} = 35$ мм.

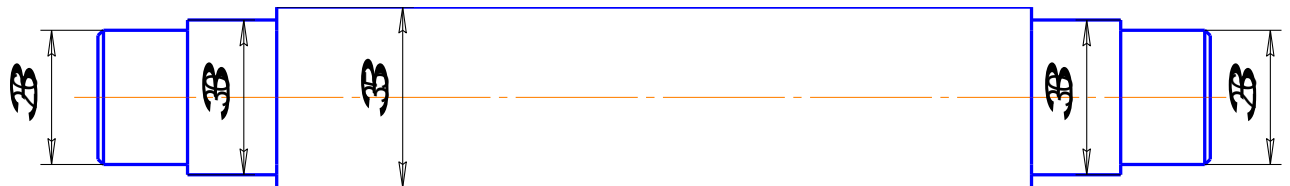


Рисунок 4.8 – Конструкція вала 1.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжний вал (вал 2):

Діаметр вихідного кінця вала:

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 147,6 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 33,5 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення зі стандартного ряду: $d_{B2} = 34$ мм. Діаметр вала під підшипники приймаємо $d_{П2} = 35$ мм, під зубчастими колесами $d_{К2} = 40$ мм.

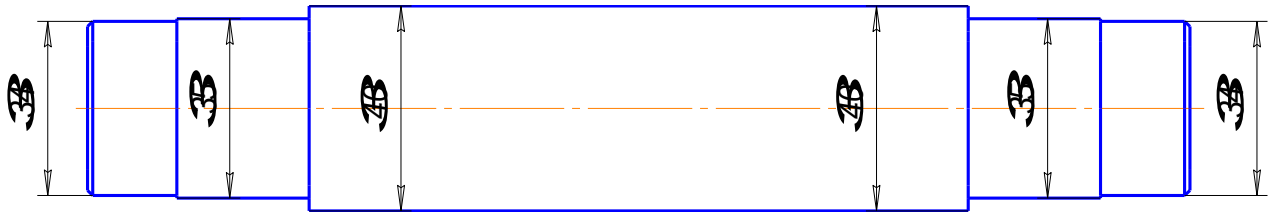


Рисунок 4.9 - Конструкція проміжного вала 2.

Проміжний вал (вал 3):

Діаметр вихідного кінця вала:

$$d_{B3} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 255,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 40,2 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення зі стандартного ряду: $d_{B3} = 42$ мм. Діаметр вала під підшипники приймаємо $d_{П3} = 45$ мм, під зубчастими колесами $d_{К3} = 50$ мм.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

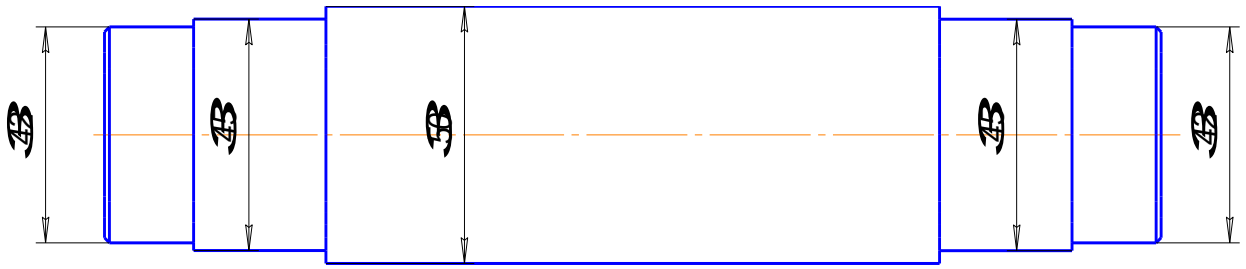


Рисунок 4.10 - Конструкція проміжного вала 3.

Проміжний вал (вал 4):

Діаметр вихідного кінця вала:

$$d_{B4} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 272 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 41,1 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення зі стандартного ряду: $d_{B4} = 42 \text{ мм}$.

Діаметр вала під підшипники приймаємо $d_{П4} = 45 \text{ мм}$, під зубчастими колесами $d_{К4} = 50 \text{ мм}$.

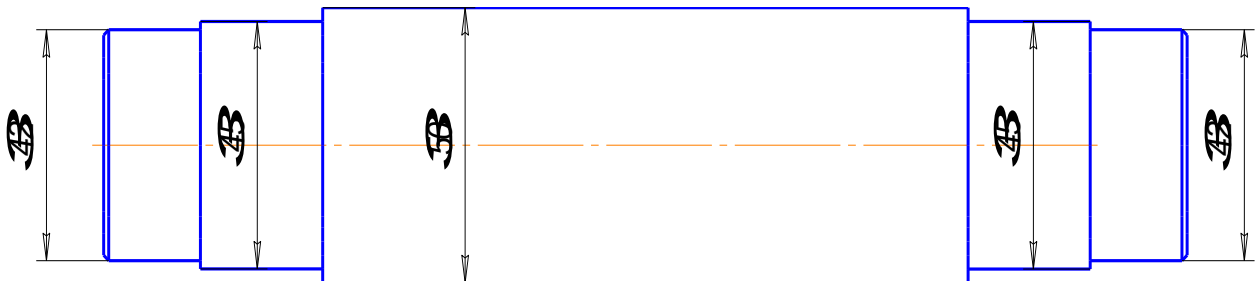


Рисунок 4.11 - Конструкція проміжного вала 4.

Вихідний вал (вал 5):

Діаметр вихідного кінця вала:

$$d_{B5} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 829 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 59,5 \text{ мм}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо найближче більше значення зі стандартного ряду: $d_{B5} = 60 \text{ мм}$.
 Діаметр вала під підшипники приймаємо $d_{П5} = 65 \text{ мм}$, під зубчастими колесами $d_{K5} = 70 \text{ мм}$.

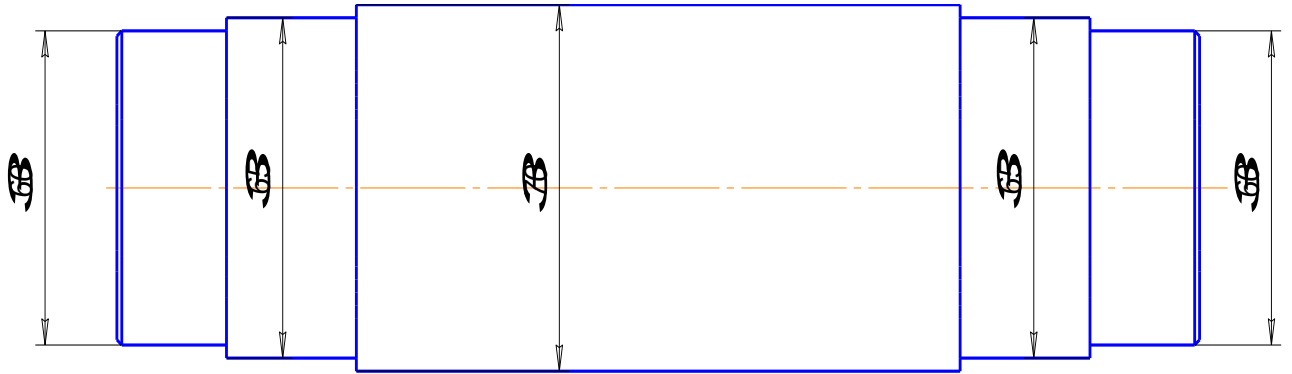


Рисунок 4.12 - Конструкція вихідного вала 5.

Діаметри і параметри інших ділянок валів призначають виходячи з конструктивних розумінь при компонованні.

4.7.3 Розрахунок параметрів пасової передачі

Вихідні дані:

Потужність $P_{1к.з}=P_{ДВ}= 2,2 \text{ кВт}$,

Момент, що крутить, $T_{1к.з}=23,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $T_{1ДВ}=14,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Синхронна частота обертання $n_c=1420 \text{ об/хв}$, $\omega_{1к.с} = \omega_{ДВ} = 148,6 \text{ рад/с}$

Розрахунок:

Діаметр ведучого (меншого) шківa

$$d_1 \approx (3 \div 4) \sqrt[3]{T_{1к.с}}$$

де T_1 – обертаючий момент на валу ведучого шківa

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_1 \approx 3 \cdot \sqrt[3]{14,8 \cdot 10^3} = 73,6 \text{ мм}$$

Округляємо до стандартного значення згідно [2, стр 120] і приймаємо $d_1=80$ мм.

Діаметр ведомого (більшого) шківa

$$d_2 = d_1 \cdot U_{p.n.}(1 - \varepsilon)$$

де ε – коефіцієнт відносного ковзання ременя для передач з регульованим натягом ременя $\varepsilon=0,01$.

$$d_2 = 80 \cdot 1,64 \cdot (1 - 0,01) = 129,8 \text{ мм}$$

Округляємо до стандартного значення згідно [2] і приймаємо $d_2=131$ мм.

Уточнюємо передаточне відношення

$$U_{p.n.} = \frac{d_2}{d_1(1 - \varepsilon)}$$

$$U_{p.n.} = \frac{131}{80(1 - 0,01)} = 1,65$$

Відхилення від стандартного значення складає

$$\frac{1,65 - 1,64}{1,64} \cdot 100\% = 0,6\%, \text{ що менше встановлених ДСТ 12289-76, 3\%}$$

Міжосьова відстань

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + T_0$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2$$

де T_0 – висота перетину пасу. Яку беремо з [2]

$$T_0 = 8 \text{ мм.}$$

По [2, мал. 7.3] вибираємо позначення перетину ременя А.

$$a_{\min} = 0,55(80 + 131) + 8 = 124$$

$$a_{\max} = 80 + 131 = 211$$

Приймаємо $a=200$ мм.

Довжина ременя, мм

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 2a + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

$$L = 2 \cdot 200 + 0,5 \cdot 3,14(80 + 131) + \frac{(131 - 80)^2}{4 \cdot 200} = 734,5$$

Отримане значення округляємо згідно [2]

$$L = 800 \text{ мм.}$$

Уточнюємо міжосьову відстань

$$a = 0,25[(L_p - \omega) + \sqrt{(L_p - \omega)^2 - 2 \cdot y}]$$

де L_p – розрахункова довжина

$$\omega = 0,5\pi(d_1 + d_2)$$

$$\omega = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (80 + 131) = 331,3$$

$$y = (d_2 - d_1)^2$$

$$y = (131 - 80)^2 = 2601$$

$$a = 0,25[(800 - 331,3) + \sqrt{(800 - 331,3)^2 - 2 \cdot 2601}] = 233$$

Відхилення від прийнятого значення складає:

$$\frac{233 - 200}{200} \cdot 100\% = 16,5\%$$

кут охоплення меншого шківа

$$\alpha_1^0 = 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a}$$

$$\alpha_1^0 = 180 - 57 \cdot \frac{131 - 80}{233} = 167,5$$

Число ременів:

$$Z = \frac{P \cdot C_p}{[P]} = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}$$

де P_0 – потужність кВт припустима при передачі одним ременем згідно [2, табл. 7.8]

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_0=1,89 \text{ кВт}$$

C_L – коефіцієнт враховуючий вплив довжини ременя згідно [2] $C_L=1,1$

C_P – коефіцієнт режиму роботи [2, табл. 7.10]. прийнявши режим роботи середній, при числі змін – 2, $C_P=1,2$.

Z_α - коефіцієнт кута обхвату, $Z_\alpha=0.84$ [2].

C_Z - коефіцієнт враховуючий число ременів у передачі, $C_Z=0,90$ [2].

$$z = \frac{2,2 \cdot 1,2}{1,89 \cdot 1,13 \cdot 0,84 \cdot 0,9} = 1,6$$

Приймаємо $z = 2$.

Натяг клинового ременя по [2, формула 7.30]

$$F_0 = \frac{850 P C_P C_L}{z v C_\alpha} + \theta \cdot v^2$$

де швидкість $v = 0,5 \omega_{\partial 6} d_1 = 0,5 \cdot 148,6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 5,94 \text{ м/с}$;

θ - коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил по [2], для пасу

перетину А коефіцієнт $\theta = 0,10 \frac{H \cdot c^2}{m^2}$, тоді

$$F_0 = \frac{850 \cdot 2,2 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 1,13}{2 \cdot 5,94 \cdot 0,84} + 0,1 \cdot 5,94^2 = 254 \text{ Н};$$

Тиск на вали по [2, формула 7.31]

$$F_B = 2 F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 254 \cdot 2 \cdot \sin 84^\circ = 1010 \text{ Н};$$

Ширина шківів $B_{ш}$ по [2, табл. 7.12]

$$B_{ш} = (z - 1)e + 2f = (2 - 1)9,5 + 2 \cdot 10 = 29,5 \text{ мм}.$$

4.7.4 Розрахунок ланцюгової передачі

Вибираємо приводний роликовий однорядний ланцюг.

Крутний момент на ведучій зірочці: $T_5 = 829 \text{ Н} \cdot \text{м}$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передаточне число було приймаємо: $i_{Ц} = 1,2$

Число зубів:
ведучої зірочки [2]

$$z_1 = 31 - 2 \cdot i_{Ц} = 31 - 2 \cdot 1,2 = 28,6$$

Приймаємо $z_1 = 29$
відомої зірочки

$$z_2 = z_1 \cdot i_{Ц} = 29 \cdot 1,2 = 34,8$$

Приймаємо $z_2 = 35$.

Фактичне передаточне число

$$i_{Ц} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{35}{29} = 1,2$$

Розрахунковий коефіцієнт навантаження [2]

$$K_{\Sigma} = K_D \cdot K_a \cdot K_H \cdot K_P \cdot K_{CM} \cdot K_{\Pi}$$

де $K_D = 1$ – динамічний коефіцієнт, при спокійному навантаженні;

$K_a = 1$ – коефіцієнт, враховує вплив міжосьової відстані;

$K_H = 1$ - коефіцієнт, враховує вплив нахилу ланцюга, при
автоматичному регулюванні натягу ланцюга $K_H = 1$;

$K_P = 1$ – приймають у залежності від способу регулювання
натягу ланцюга: при автоматичному регулюванні $K_P = 1$;

$K_{CM} = 1,3$ – при періодичному змащенні;

$K_{\Pi} = 1$ – при роботі в одну зміну;

Таким чином:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_9 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,3$$

Для визначення кроку ланцюга по формулі [2] треба знати тиск, що допускається, $[p]$ у шарнірах ланцюга. У [2] тиск, що допускається, $[p]$ задано в залежності від частоти обертання ведучої зірочки і кроку t . Тому для розрахунку по формулі величиною $[p]$ варто задаватися орієнтовно. Ведуча зірочка має частоту обертання $n_5 = 20,5$ про/хв. Середнє значення тиску, що допускається, при $n = 30$ об/хв. $[p] = 36$ МПа.

Крок однорядного ланцюга ($t = 1$):

$$t = 2,8 \sqrt[3]{\frac{T_5 \cdot K_9}{z_1 \cdot [p]}} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{829 \cdot 10^3 \cdot 1,3}{29 \cdot 36}} = 28,3 \text{ мм}$$

Підбираємо по табл. 7.15 [2, стор.147] ланцюг ПР-31,75-88,50 за ДСТ 13568-75, що має $t = 31,75$ мм; руйнівне навантаження $Q = 88,5$ кН; масу $q = 3,8$ кг/м;
 $A_{оп} = 262 \text{ мм}^2$.

Швидкість ланцюга:

$$V = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_5}{60 \cdot 10^3} = \frac{29 \cdot 31,75 \cdot 20,3}{60 \cdot 10^3} = 0,31 \text{ м/с}$$

Окружна сила:

$$F_{тц} = \frac{T_5 \cdot \omega_5}{V}$$

$$\omega_5 = \frac{\pi \cdot n_5}{30} = \frac{3,14 \cdot 20,5}{30} = 2,2 \text{ рад/с}$$

$$F_{тц} = \frac{829 \cdot 2,2}{0,31} = 5883 \text{ Н.}$$

Тиск у шарнірі перевіряємо по формулі [2]:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p = \frac{F_{тц} \cdot K_{\vartheta}}{A_{оп}} = \frac{5883 \cdot 1,3}{262} = 29,2 \text{ МПа}$$

Уточнюємо по табл. 7.18 [2, стор.150] тиск, що допускається
 $[p] = 34 \cdot [1 + 0,01(z_1 - 17)] = 34 \cdot [1 + 0,01 \cdot (29 - 17)] = 38,1 \text{ МПа}.$

Умова $p < [p]$ виконана. У цій формулі 34 МПа – табличне значення тиску, що допускається, по табл. 7.18 при $n = 50$ об/хв і $t = 31,75$ мм.

Визначимо число ланок ланцюга по формулі [2]

$$L_t = 2a_t + 0,5z_{\Sigma} + \frac{\Delta^2}{a_t}$$

$$\text{Де } a_t = \frac{a_y}{t} = 50; z_{\Sigma} = z_1 + z_2 = 29 + 35 = 64; \Delta = \frac{z_2 - z_1}{2\pi} = \frac{35 - 29}{2 \cdot 3,14} = 0,96$$

Тоді:

$$L_t = 2 \cdot 50 + 0,5 \cdot 64 + \frac{0,96^2}{50} = 132,02$$

Округляємо до парного числа $L_t = 132$.

Уточнюємо міжосьову відстань ланцюгової передачі по формулі [2]:

$$a_{ц} = 0,25t [L_t - 0,5z_{\Sigma} + \sqrt{(L_t - 0,5z_{\Sigma})^2 - 8\Delta^2}] = 0,25 \cdot 31,75 \cdot [132 - 0,5 \cdot 64 + \sqrt{(132 - 0,5 \cdot 64)^2 - 8 \cdot 0,96^2}] = 1587 \text{ мм}$$

Для вільного провисання ланцюга передбачаємо можливість зменшення міжосьової відстані на 0,4%, тобто на $1587 \cdot 0,004 = 6,4$ мм

Визначаємо діаметри ділільних кіл зірочок [2]:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{д1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_1}} = \frac{31,75}{\sin \frac{180}{29}} = 294 \text{ мм}$$

$$d_{д2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}} = \frac{31,75}{\sin \frac{180}{35}} = 354 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметри зовнішніх кіл зірочок :

$$D_{e1} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_1} + 0,7 \right) - 0,3d_1 = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_1} + 0,7 \right) - 5,7$$

Де $d_1 = 19,05 \text{ мм}$ – діаметр ролика ланцюга (табл. 7.15 [2]);

$$D_{e1} = 31,75 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{29} + 0,7 \right) - 5,7 = 308,5 \text{ мм}$$

$$D_{e2} = 31,75 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{35} + 0,7 \right) - 5,7 = 369,3 \text{ мм}$$

Сили, що діють на ланцюг:

- окружна $F_{тц} = 5883 \text{ Н}$ – визначена вище;
- від відцентрових сил $F_V = q \cdot V^2 = 3,8 \cdot 0,31^2 = 0,37 \text{ Н}$, де $q = 3,8 \text{ кг/м}$ по [2]
- від провисання $F_F = 9,81 \cdot K_F \cdot q \cdot a_{ц} = 9,81 \cdot 1,5 \cdot 3,8 \cdot 1,6 = 89,4 \text{ Н}$, де $K_F = 1,5$ при куті нахилу передачі 45°

Розрахункове навантаження на вали:

$$F_B = F_{тц} + 2 F_F = 5883 + 2 \cdot 89,4 = 6061,8 \text{ Н}$$

Перевіряємо коефіцієнт запасу міцності ланцюга по формулі (7.40) [2]:

$$s = \frac{Q}{F_{тц} \cdot K_{д} + F_V + F_F} = \frac{88,5 \cdot 10^3}{5883 \cdot 1 + 0,37 + 89,4} = 15$$

Це більше чим нормативний коефіцієнт запасу $[s]$ [2]; отже, умова $s \geq [s]$ виконана.

Розміри ведучої зірочки:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маточина зірочки $d_{CT} = 35 \cdot 1,6 \approx 56$ мм; $l_{CT} = (1,2 \div 1,6) \cdot 35 = 67,2 \div 89,6$ мм; приймаємо $l_{CT} = 85$ мм.

товщина диска зірочки $0,93 \cdot V_{BH} = 0,93 \cdot 19,05 \approx 18$ мм, де V_{BH} – відстань між пластинками внутрішньої ланки по табл. 7.15 [1. стр. 147].

Розміри маточини відомої зірочки:

$d_{CT} = 85 \cdot 1,6 = 136$ мм; $l_{CT} = (1,2 \div 1,6) \cdot 85 = 102 \div 136$ мм; приймаємо $l_{CT} = 120$ мм.

4.7.5 Розрахунок шліцевого з'єднання.

Згідно [3] для розрахованого мінімального діаметра проміжного вала 4 вибираємо прямобічні шліці середньої серії

d-4x46x50x12 – ДСТ 1139-80. Згідно [3] вибираємо поля допусків на шлицьове з'єднання:

$$d - 4x46 \frac{H7}{e8} x50 \frac{H12}{a11} x12 \frac{D9}{f8}$$

Таблиця 4.2 – Параметри шліців вала

Номінальний розмір	z	d	D	b	f	r
4x46x50	4	46	50	12	$0.5^{+0.3}$	0.5

Обране з'єднання перевіряємо на зминання.

Згідно [2, стор.171]:

$$\sigma_{cm} \approx \frac{T}{0.75 \cdot z \cdot A_{cm} \cdot R_{cp}} \leq [\sigma_{cm}]$$

де T – переданий обертаючий момент;

$[\sigma_{см}]$ – допустима напруга зминання,

z – число шліців,

$A_{см}$ – розрахункова поверхня зминання,

$R_{ср}$ – середній радіус шліців.

$$A_{см} = \left(\frac{D-d}{2} - 2f \right) l$$

де D – зовнішній діаметр шліців,

d – внутрішній діаметр шліців,

f – розмір фаски,

l – довжина поверхні шліців, що знаходиться в контактi.

При рухливому з'єднанні під навантаженням $[\sigma_{див}]=30$ МПа. [3]

$$\sigma_{см} = \frac{272000H \cdot мм}{0.75 \cdot 4 \cdot \left(\frac{50-46}{2} - 2 \cdot 0,5 \right) мм \cdot 50 мм} = 1,8 МПа < 30 МПа$$

Перевірка на зминання шліцевого з'єднання виконується.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8. Вертикальна головка верстата

4.8.1 Конструкція й принцип дії вертикальної головки верстата

Вертикальна головка 1 обладнана вертикальним шпинделем 2, що забезпечує значну гнучкість завдяки можливості повороту на 90° у будь-якому напрямку. Положення головки легко фіксується рукояткою 3, гарантуючи стабільність під час роботи.

Шпиндель розміщений у рухомій гільзі 4, що спирається на дворядний роликовий підшипник (5) знизу та кульковий підшипник 6 зверху. Для ефективного поглинання осьових навантажень застосовуються упорні кулькові підшипники 7.

Привід вертикального шпинделя здійснюється від горизонтального шпинделя через зубчасті передачі: спочатку конічні шестерні 8-9, а потім циліндрична пара 10-11. Це забезпечує надійну передачу обертального моменту.

Гільза шпинделя зручно переміщується вручну за допомогою рукоятки 12 та надійно фіксується у бажаному положенні рукояткою 13. Для точної та повторюваної обробки партій деталей на задану глибину передбачений упор 14, який встановлюється на шпинделі та закріплюється гвинтом 15. Інструмент кріпиться за допомогою шомпола 16.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

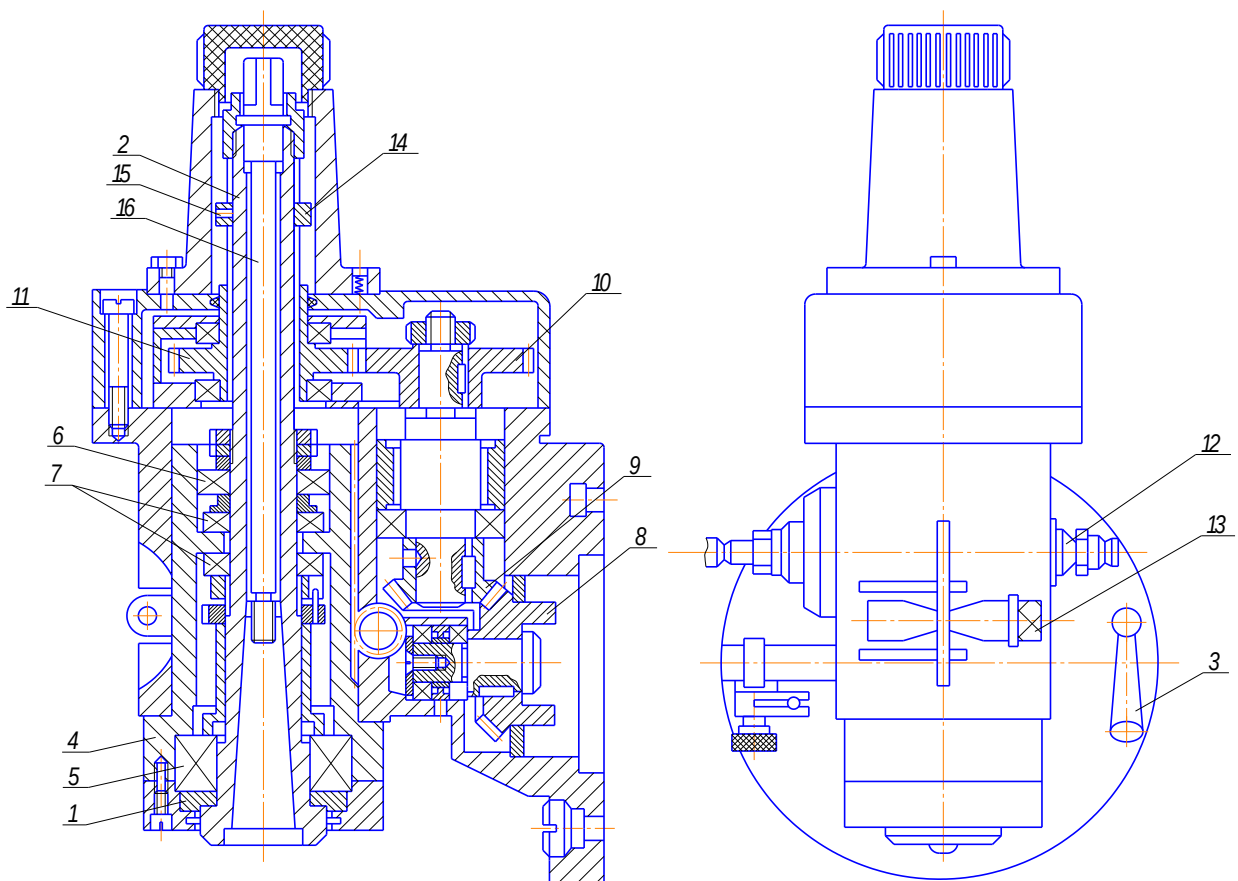


Рисунок 4.13. Вертикальна головка базової моделі верстата.

4.8.2 Розрахунок сил різання й крутних моментів при фрезеруванні

Режими різання при фрезеруванні плоскої поверхні:

- глибина різання 3 мм;
- ширина фрезерування $B=100\text{мм}$;
- діаметр фрези 135 мм;
- кількість зубів фрези $z=10$;
- обороти фрези $n=400\text{ об/хв}$;
- хвилинна подача $S_M = 400\text{ м/хв}$.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка конструкційної углеродистої сталі , $\sigma_B = 750$ Мпа пластинами із твердого сплаву.

Сила різання при фрезеруванні [14]:

$$P_z = \frac{10 C_\rho t^x S_z^{y_p} B^{r_p} z^{u_p}}{D^{q_p}} K_p$$

Поправочні коефіцієнти и показники степені:

$C_p=825$; $x_p=1,0$; $y_p=0,75$; $U_p=1,1$; $q_p=1,3$; $w_p=0,2$

Определяем подачу на зуб S_z :

$$S_{m.d} = \frac{S_{m.d}}{z \cdot n_d} = \frac{400}{10 \cdot 400} = 0,1 \text{ мм / зуб}$$

Поправочний коефіцієнт K_p :

$$K_p = K_{M.P.} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}$$

де $n_p = 0,75$

$$K_p = K_{M.P.} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^1 \cdot 10^{1,1}}{135^{1,3}} \cdot 1 = 9421 \text{ Н}$$

Крутний момент при фрезеруванні

$$M_{кр} = 10 K_{cp} C_\rho t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} D^{1-q_p+x_m} B^{r_p} z^{u_p} K_p$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо швидкість різання V :

$$V = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 135 \cdot 400}{1000} = 170 \text{ м / мин}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,5 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 400^{0,75} \cdot 170^0 \cdot 135^{1-1,3-1} 100^1 \cdot 10^{1,1} \cdot 1 = \\ = 2368926,9 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

4.8.3 Розрахунок конічної передачі

Виходячи з відомої по паспорту верстата максимальній частоті обертання шпинделя $n_7 = 2040$ про/хв визначимо зусилля й крутні моменти на валах конічної передачі.

$$n_6 = \frac{1420}{35/36} = 1463 \text{ об / хв}$$

$$n_5 = \frac{1378}{33/26} = 1085 \text{ об / хв}$$

Визначимо крутний момент на валах конічної передачі:

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{30 P_n}{\pi \cdot n_n}$$

$$T_5 = \frac{30 \cdot 1778}{3,14 \cdot 1085} = 15,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_6 = \frac{30 \cdot 1698}{3,14 \cdot 1463} = 11,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

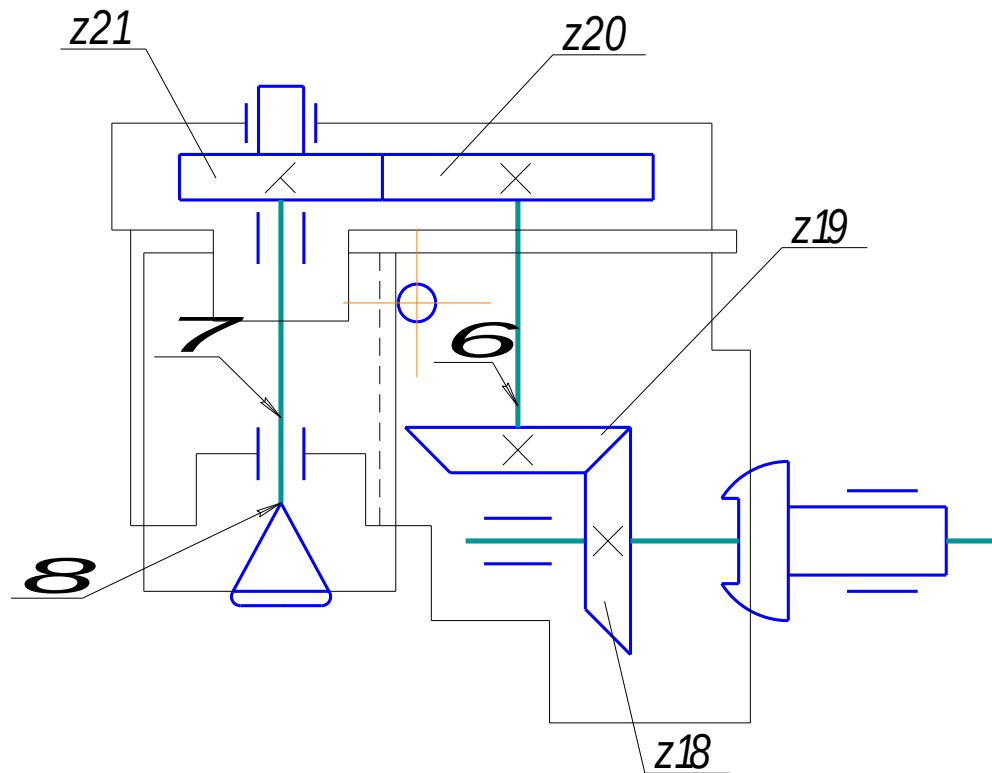


Рисунок 4.14 – Конічна передача 18/19 у коробці швидкостей широко-універсального фрезерного верстата.

Прийmemo для шестерень і колеса ту саму марку сталі з різною термообробкою.

По табл.3.3 [2] стор.34 приймаємо для шестерень сталь 40Х поліпшену із твердістю HB270; для колеса сталь 40Х поліпшену із твердістю HB245.

Контактні напруги, що допускаються, по [2]

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{[S_H]}$$

де σ_{Hlimb} – межа контактної витривалості при базовому числі циклів, по [2], табл.3.2 для колеса $\sigma_{Hlimb} = 2HB + 70 = 2 \times 245 + 70 = 560$ МПа.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{HL} – коефіцієнт довговічності; якщо число циклів навантаження кожного зуба колеса більше базового, то приймають $K_{HL}=1$.

S_H – коефіцієнт безпеки, $S_H=1$.

$$[\sigma_H] = \frac{560 \cdot 1}{1,15} \approx 485 \text{ МПа}$$

Зовнішній ділильний діаметр колеса згідно [2]

$$d_{e2} = K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{HB} \cdot U}{[\sigma_H]^2 \cdot (1 - 0,5 \cdot \Psi_{bRe})^2 \cdot \Psi_{bRe}}},$$

в цій формулі для прямозубих передач $K_d=99$

$K_{HB}=1,35$, згідно [2, стр.32]

$\Psi_{bRe}=0,285$ (рекомендація)

$$d_{e2} = 99 \cdot \sqrt[3]{\frac{11,1 \cdot 10^3 \cdot 1,35 \cdot 8,05}{485^2 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,285)^2 \cdot 0,285}} = 453,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо по [2] найближче стандартне значення $d_{e2} = 450 \text{ мм.}$

Приймаємо число зубів шестерні $Z_1=25$

Число зубів колеса $Z_2 = Z_1 \cdot U = 25 \cdot 6,3 = 157,5$

Приймаємо $Z_2=158$, тоді

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{26}{33} = 0,79$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відхилення від заданного

$$\frac{6,32 - 6,3}{6,3} \cdot 100\% = 0,32\% \text{ , що менше встановлених - 3\%}.$$

Зовнішній окружний модуль

$$m_e = \frac{d_{e2}}{Z_2} = \frac{450}{158} \approx 2,85 \text{ мм.}$$

Уточнюємо значення

$$d_{e2} = m_e \cdot Z_2 = 2,85 \cdot 152 = 450,3$$

Відхилення від стандартного значення

$$\frac{450,3 - 450}{450} \cdot 100\% = 0,06\% \text{ , що допустимо адже менше 2\%}.$$

Кути ділительних конусів

$$\text{ctg } \sigma_1 = U = 6,3; \quad \sigma_1 = 8^{\circ}58' (8,98)$$

$$\sigma_2 = 90^{\circ} - \sigma_1 = 90^{\circ} - 8^{\circ}58' = 81^{\circ}02'$$

Зовнішня конусна відстань R_e і довжина зуба b :

$$R_e = 0,5 m_e \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$$

$$R_e = 0,5 \cdot 2,85 \sqrt{25^2 + 158^2} = 227,95 = 288 \text{ мм}$$

$$b = \Psi_{bRe} \cdot R_e$$

$$b = 0,285 \cdot 228 = 64,98$$

Приймаємо $b = 65 \text{ мм}$.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній ділительний діаметр шестерень

$$d_{e1} = m_e \cdot Z_1$$

$$d_{e1} = 2,85 \cdot 228 = 71,25 \text{ мм}$$

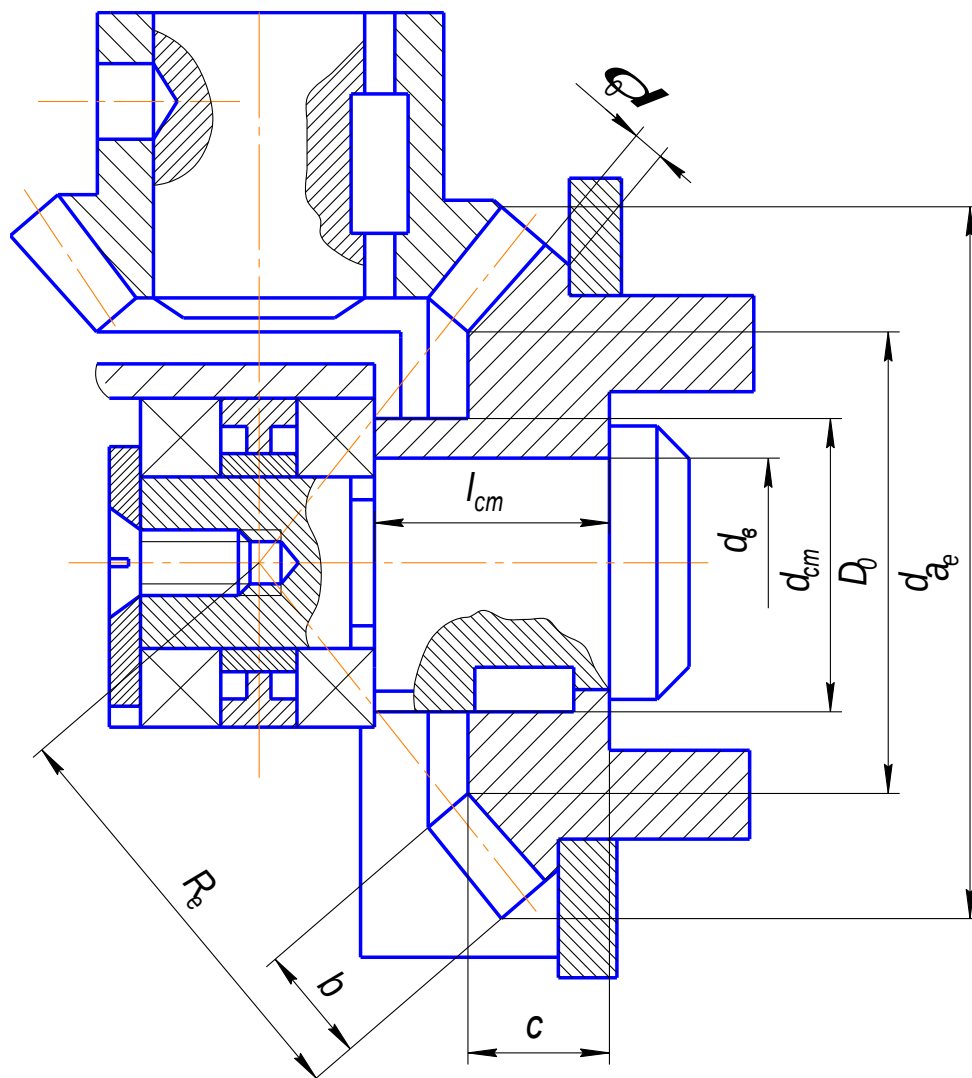


Рисунок 4.15 – Конструкція конічної передачі 18/19 у коробці швидкостей базової моделі верстата 676П.

Середній ділительний діаметр шестерень

$$d_1 = 2(R_e - 0,5b) \sin \sigma_1$$

$$d_1 = 2(228 - 0,5 \cdot 65) \sin 8^{\circ} 58' = 61 \text{ мм}$$

Зовнішні діаметри шестерні й колеса (по вершинах зубів)

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2m_e \cdot \cos \sigma_1$$

$$d_{ae1} = 71,25 + 2 \cdot 2,85 \cos 8^{\circ}58' = 76,88 \text{ мм}$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2m_e \cdot \cos \sigma_2$$

$$d_{ae2} = 450 + 2 \cdot 2,85 \cos 81^{\circ}02' = 450,84 \text{ мм}$$

Середній окружний модуль

$$m = \frac{d_1}{Z_1}$$

$$m = \frac{61}{25} = 2,44 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт ширини шестерні по середньому діаметру:

$$\Psi_{bd} = \frac{b}{d_1}$$

$$\Psi_{bd} = \frac{65}{61} = 1,06$$

Средня окружна швидкість коліс

$$V = \frac{\omega_1 d_1}{2}$$

$$V = \frac{101,3 \cdot 61}{2} = 3089,65 \text{ мм/с} = 3,1 \text{ м/с}$$

Для конічних передач зазвичай призначають 7-у ступінь точності.

З метою перевірки контактних напружень визначаємо коефіцієнт навантаження:

$$K_H = K_{HB} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{HV}$$

По [2] $\Psi_{bd} = 1,06$ консольному розташуванні коліс і твердості $HV < 350$ коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по довжині зуба $K_{HB} = 1,3$

$$K_{H\alpha} = 1$$

$$K_{HV} = 1,05$$

Таким чином

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_H = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 1,35$$

Визначаємо контактні напруження по формулі

$$\sigma_H = \frac{335}{R_e - 0,5b} \sqrt{\frac{T_2 K_H \sqrt{(U^2 + 1)^3}}{b U_{PD}^2}}$$

$$\sigma_H = \frac{335}{228 - 0,5 \cdot 65} \sqrt{\frac{437 \cdot 10^3 \sqrt{(6,3^2 + 1)^3}}{65 \cdot 6,5^2}} = 420,55 < [\sigma_H] = 485 \text{ МПа}$$

Сили в зачепленні:

1. Окружна

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 57 \cdot 10^3}{61} = 1869 \text{ Н}$$

2. Радіальна для шестерні, рівна для колеса

$$F_{r1} = F_{a2} = F_t \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \sigma_1$$

$$F_{r1} = F_{a2} = 1869 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 8^\circ 58' = 672 \text{ Н}$$

Осьова для шестерні, рівна радіальній колеса

$$F_{a1} = F_{r2} = F_t \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \sigma_1$$

$$F_{a1} = F_{r2} = 1869 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \sin 8^\circ 58' = 106 \text{ Н}$$

Перевірка зубів на витривалість під напругою вигину [2]

$$\sigma_f = \frac{F_t \cdot K_F \cdot Y_F}{J_F \cdot b \cdot m},$$

де K_F – коефіцієнт навантаження при розрахунку на вигин

F_t – окружна сила

Y_F – коефіцієнт форми зубів

m – середній модуль

$[\sigma_f]$ – напруга, що допускається:

$$K_F = K_{FB} \cdot K_{FV}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По [2] при $\Psi_{bd} = 1,06$, консольне розташування коліс, валів на роликових підшипниках і твердості $HV < 350$ значення $K_{FB} = 1,59$

По [2] при твердості $HV < 350$ і швидкості $V = 0,5 \text{ м/с}$ і 7-й ступені точності $K_{FV} = 1,25$

$$K_F = 1,59 \cdot 1,25 = 1,99$$

Y_F – коефіцієнт форми зуба вибираємо залежно від еквівалентних чисел зубів:

$$\text{Для шестерні } Z_{V1} = \frac{Z_1}{\cos \sigma_1}$$

$$Z_{V1} = \frac{25}{\cos 8^{\circ}58'} = 25,3 \approx 25$$

$$\text{Для колеса } Z_{V2} = \frac{Z_2}{\cos \sigma_2}$$

$$Z_{V2} = \frac{158}{\cos 81^{\circ}02'} = 1071,45$$

При цьому $Y_{F1} = 3,9$ и $Y_{F2} = 3,6$ згідно [2]

Напруження, що допускаються, при перевірці зубів на витривалість по напрузі вигину.

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \lim b}^0}{[S_F]}$$

Згідно [2, табл.3,9] для сталі 40Х поліпшеної при твердості $HV < 350$

$$\sigma_{F \lim b}^0 = 1,8 HV$$

Для шестерні

$$\sigma_{F \lim b}^0 = 1,8 \cdot 270 \approx 490 \text{ МПа}$$

Для колеса

$$\sigma_{F \lim b}^0 = 1,8 \cdot 245 \approx 440 \text{ МПа}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт запасу міцності:

$$[S_F] = [S_F]' [S_F]''$$

По [2, табл.3,9] $[S_F]' = 1,75$; для штамповок $[S_F]'' = 1$, таким чином

$$[S_F] = 1,75 \cdot 1 = 1,75$$

Напруження, що допускаються при розрахунку зубів на витривалість:

$$\text{для шестерні } [\sigma_{F1}] = \frac{490}{1,75} = 280 \text{ МПа}$$

$$\text{для колеса } [\sigma_{F2}] = \frac{440}{1,75} = 250 \text{ МПа}$$

$$\text{для шестерні відношення } \frac{[\sigma_{F1}]}{Y_{F1}} = \frac{280}{3,9} = 71,79 = 71,8 \text{ МПа}$$

$$\text{для колеса відношення } \frac{[\sigma_{F2}]}{Y_{F2}} = \frac{250}{3,6} = 69,4 \text{ МПа}$$

Подальший розрахунок ведемо для зубів колеса, тому що отримане відношення для нього менше:

Перевіряємо зуб колеса

$$\sigma_{F2} = \frac{1869 \cdot 1,99 \cdot 3,6}{0,85 \cdot 65 \cdot 2,44} = 99,32 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 250 \text{ МПа}$$

4.8.4 Вибір підшипників і перевірка їх довговічності

Намічаємо для вала роликотпідшипники конічні

Умовне позн. підшипника	d мм	D мм	T мм	C мм	C ₀ мм	e
7212	60	110	23	78	58	0,35

Розрахуємо ведучий вал конічної передачі й перевіримо довговічність

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опор.

Із попередніх розрахунків маємо $F_0 = 318 \text{ Н}$; $F_B = 2058 \text{ Н}$; $F_t = 1869 \text{ Н}$, $F_{r1} = F_{a2} = 672 \text{ Н}$, $F_{r2} = F_{a1} = 106 \text{ Н}$.

Відстані між опорами приймаємо $C_1 = 120 \text{ мм}$, $a = 104$, $f_1 = 76 \text{ мм}$.

$$\sum M_{x2} = 0$$

$$-R_{y1} \cdot C_1 - F_a \cdot \frac{d_1}{2} + F_r (c_1 + f_1) = 0$$

$$R_{y1} = \frac{1}{c_1} \left(-F_a \cdot \frac{d_1}{2} + F_r (c_1 + f_1) \right) = 0$$

$$R_{y1} = \frac{1}{120} \left(-106 \cdot \frac{61}{2} + 672(120 + 76) \right) = 1076$$

$$\sum M_{x1} = 0$$

$$-F_a \cdot \frac{d_1}{2} + F_r f_1 - R_{y2} \cdot C_1 = 0$$

$$R_{y2} = \frac{1}{C_1} \left(-F_a \cdot \frac{d_1}{2} + F_r f_1 \right)$$

$$R_{y2} = \frac{1}{120} \left(-106 \cdot \frac{61}{2} + 672 \cdot 76 \right) = \frac{1}{120} (-3233 + 51072) = 398,66$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y2} - R_{y1} + F_r = 399 - 1071 + 672 = 0$$

Перевірка вірна

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum M_{y1} = 0$$

$$F_b(a + c_1) + F_t \cdot f - R_{x2} \cdot c_1$$

$$R_{x2} = \frac{F_b(a + c_1) + F_t \cdot f}{c_1}$$

$$R_{x2} = \frac{258(104 + 120) + 1869 \cdot 76}{120} = 5025$$

$$\sum M_{y2} = 0$$

$$F_b \cdot a - R_{x1} \cdot c_1 + F_t(c_1 - f_1)$$

$$R_{x1} = \frac{1}{c_1}(F_b \cdot a + F_t(c_1 - f_1))$$

$$R_{x1} = \frac{1}{120}(2058 \cdot 104 + 1869(120 - 76)) = 4836$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_b + R_{x2} - R_{x1} + F_t = -2058 + 5025 - 4836 + 1869 = 0$$

Будуємо епюри

M_x :

$$R_{y2} \cdot c_1 = 399 \cdot 120 = 47880$$

$$R_{y2}(c_1 + f_1) - R_{y1} \cdot f_1 = 399(120 + 76) - 1071 \cdot 76 = -3192$$

M_y :

$$F_b \cdot a = 2058 \cdot 104 = 214032$$

$$F_b(a + c_1) - R_{x2} \cdot c_1 = 2058(104 + 120) - 5025 \cdot 120 = -142008$$

$$F_b(a + c_1 + f) - R_{x2}(c_1 + f_1) + R_{x1} \cdot f_1 = 2058(104 + 120 + 76) - 5025(120 + 76) + 4836 \cdot 76 = 617400 - 984900 + 367536 = 0$$

$$F_b \cdot f_1 = 2058 \cdot 76 = 154408$$

$$M_{kp} = F_t \cdot \frac{d_1}{2} = 1869 \cdot \frac{61}{2} = 57004,5$$

$$P_{r1} = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{4836^2 + 1071^2} = 4953$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{r2} = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{5025^2 + 399^2} = 5141$$

$$S_1 = 0,83 \cdot e \cdot P_{r1} = 0,83 \cdot 0,35 \cdot 4953 = 1439$$

$$S_2 = 0,83 \cdot e \cdot P_{r2} = 0,83 \cdot 0,35 \cdot 5041 = 1464$$

Осьові навантаження підшипників

$$S_2 > S_1$$

$$F_a \square S_2 \square S_1 = 1464 - 1439 = 25$$

$$F_a = 672 \square 25$$

$$P_{a1} = S_1 = 1439$$

$$P_{a2} = S_1 + F_a = 1439 + 106 = 1545$$

$$\frac{P_{a2}}{P_{r2}} = \frac{1545}{5041} = 0,31 < e, \text{ тому при підрахунку еквівалента навантаження осьові}$$

сили не враховують.

Еквівалентне навантаження

$$P_{\Sigma 2} = V \cdot P_{r2} \cdot K_6 \cdot K_T$$

$$V = K_6 = K_T = 1$$

$$P_{\Sigma 2} = 1 \cdot 5041 \cdot 1 \cdot 1 = 5041 \text{ Н}$$

Розрахункова довговічність, млн. об.

$$L = \left(\frac{C}{P_{\Sigma 2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{78}{5} \right)^{\frac{10}{3}} = 9485,9 \text{ млн. об.}$$

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова довговічність, год

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{9486 \cdot 10^6}{60 \cdot 968} = 163326 \text{ год}$$

Знайдена довговічність прийнятна.

Розглянемо другий підшипник

$$\frac{P_{a1}}{P_{r1}} = \frac{1439}{4953} = 0,29 < e$$

$$P_{\Sigma 1} = V \cdot P_{r1} \cdot K_6 \cdot K_T$$

$$V = K_6 = K_T = 1$$

$$P_{\Sigma 1} = 1 \cdot 4953 \cdot 1 \cdot 1 = 5041 \text{ Н}$$

Розрахункова довговічність, млн. об.

$$L = \left(\frac{C}{P_{\Sigma 2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{78}{4,953} \right)^{\frac{10}{3}} = 9809 \text{ млн. об.}$$

Розрахункова довговічність, год

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{9809 \cdot 10^6}{60 \cdot 968} = 168888 \text{ ч}$$

Знайдена довговічність прийнятна.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

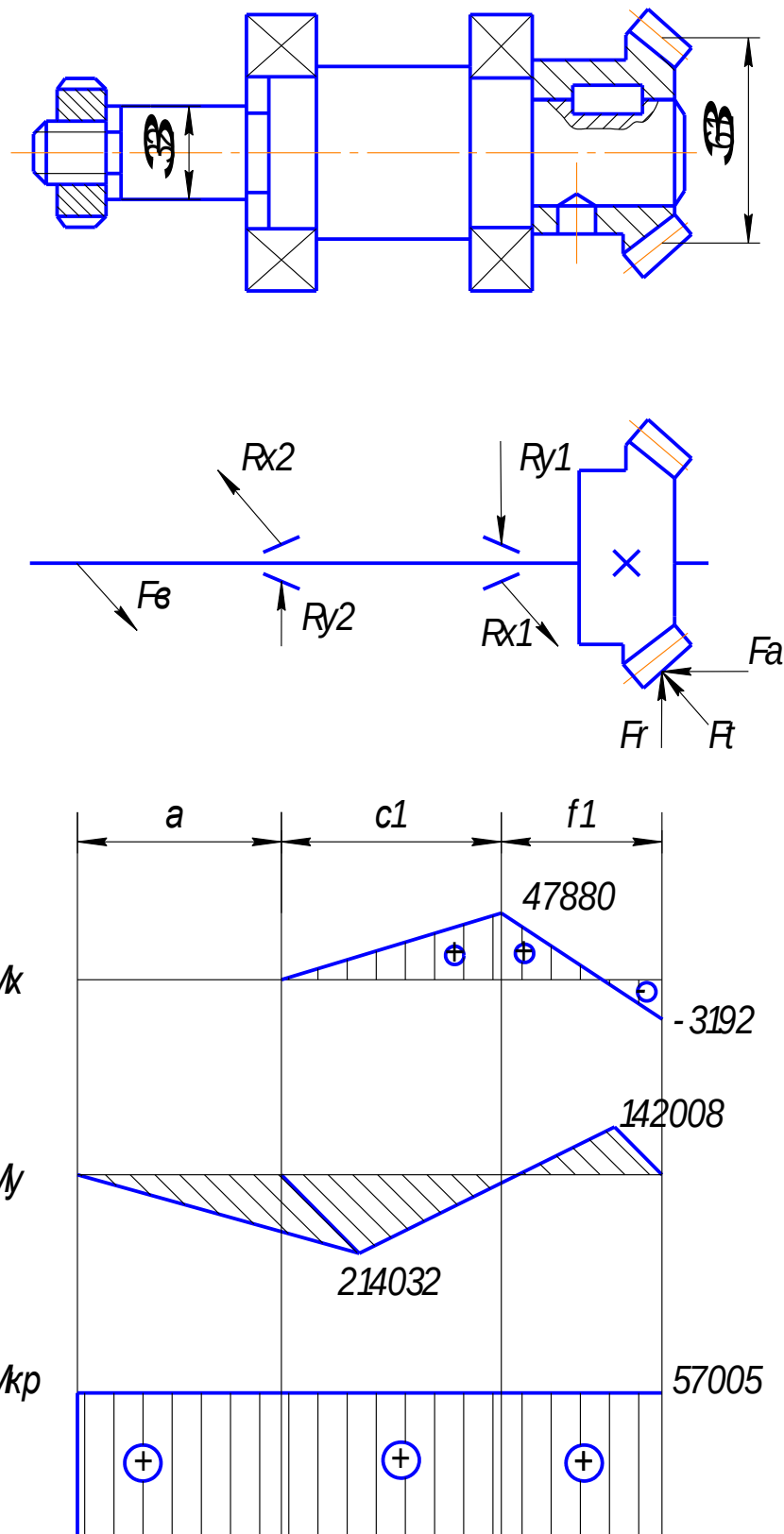


Рисунок 4.16-Розрахункова схема ведучого вала

4.9 Розробка конструкції пристрою для одночасного фрезерування площин.

4.9.1 Схема пристосування та принцип його дії

Базовою деталлю пристосування є корпус 3, за допомогою якого пристосування встановлюється в на столі горизонтально-фрезерного верстату. Базування пристосування здійснюється за допомогою шпонок, а закріплення – болтами, закріпленими у Т-подібних пазах стола (на кресленні не показані).

До корпусу пристосування кріпиться плита, на якій жорстко встановлено дві втулки з базувальними поверхнями, однією стороною вони закріплені у плиті, а з іншої сторони розміщено цангові втулки, які розжимаються упором під дією пневмоциліндра і закріплюють оброблювані деталі.

В боковому напрямку від переміщення деталі утримуються упорами, в які деталь впирається боковими поверхнями.

4.9.2. Розрахунок пристосування на точність

При обробці плоскої поверхні, паралельної до установочної бази, похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_z,$$

де ε_{δ} - похибка базування;

ε_z - похибка закріплення.

Похибка базування має місце при переміщенні установочної та вимірної баз, а в нашому випадку вона рівна нулю.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка закріплення виникає в результаті зміщення оброблюваних поверхонь заготовки від дії затискної сили. В нашому випадку, при базуванні на упор і на гладкий палець вона складає [6] $\varepsilon_3 = 83 \text{ мкм} = 0,083 \text{ мм}$.

Отже похибка установки деталі в даному пристосібленні складається виключно з похибки закріплення і становить 0,083 мм, що менше допуску на обробку даної поверхні.

4.10. Розробка конструкції пристрою для зенкування отворів Ø35,5 деталі «Корпус ОГ 1-12.314».

4.10.1. Схема пристосіблення та принцип його дії

Пристосіблення встановлюється на столі вертикально-свердлильного верстата і базується за допомогою шпонок, що входять у пази стола верстату.

Базування деталі в пристосібленні здійснюється за допомогою гладкого опорного елемента, на який встановлюється заготовка і двох опорних поверхонь, до яких заготовка притискується важільно-клиновим механізмом.

Закріплення здійснюється важелем, який однією стороною пристикує деталь, а іншою взаємодіє з клином, що в свою чергу приводиться в рух від пневмоциліндра.

4.10.2. Розрахунок необхідної сили затиску

В даному випадку оброблювана деталь базується на установочних елементах пристосування і притискається до них силою затиску Q , а сила різання P діє в перпендикулярному напрямку.

Силі різання протидіють сили тертя $T_2 = Qf_2$ між опорною поверхнею

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристосування і нижньою базовою площиною деталі, а також $T_1 = Qf_1$ між верхньою площиною деталі і поверхнею затиску

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил [4, с.155]:

$$(W - P)fr = \frac{2M}{d}kR;$$

Звідси:

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P ,$$

де: f - коефіцієнт тертя в місці затиску;

k - коефіцієнт запасу;

R - відстань від вісі інструменту до вісі деталі;

$$r = \frac{D_2 - D_3}{2} = \frac{95 - 90}{2} = 2,5 \text{ мм.} \quad - \text{ радіус, по якому}$$

затискається деталь.

При використанні одноклинового механізму умовою рівноваги є [8, с. 192]:

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

де: α - кут скосу важеля, $^{\circ}$;

φ - кут тертя похилій поверхні клина, $^{\circ}$;

φ_1 - кут тертя в ланці, $^{\circ}$;

φ_2 - кут повороту клина, $^{\circ}$.

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1 \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^{\circ} 50';$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = 0,21;$$

$$\alpha = 15^{\circ}.$$

Характеристика механізму:

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1} = 2,26;$$

$\eta = 0,60$ - коефіцієнт корисної дії механізму.

$$W \cdot \eta = 2,26 \cdot Q$$

$$W = \frac{2,26 \cdot Q}{\eta}$$

$$\frac{2,26}{\eta} Q = \frac{2kMR}{dfr} - P$$

Звідси визначаємо необхідне зусилля, що повинен розвивати пневмоциліндр пристрою:

$$Q = \left(\frac{2kMR}{dfr} - P \right) \cdot \frac{\eta}{2,26};$$

Сила різання при фрезеруванні визначається за формулою [3, с.418]:

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p} \text{ кг.},$$

де: $C_p = 48$; $X_p = 0,83$; $Y_p = 0,65$; $Z_p = 1,0$; $q_p = -0,83$ - коефіцієнт та показники степенів у формулі [3, с.418].

$$P = 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^{1,0} \cdot 20^{-0,83} = 484 \text{ кг.}$$

Момент буде складати [9, с. 391]:

$$M = C_M \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_M} \cdot Km_m,$$

де: $C_M = 23,6$; $Y_M = 0,80$; $Km_m = 0,7$.

$$M = 23,6 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,1^{0,80} \cdot 0,7 = 1047 \text{ кг мм.}$$

Отже:

$$Q = \left(\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 1047 \cdot 125}{12 \cdot 0,78 \cdot 65} - 484 \right) \cdot \frac{0,98}{2,26} = 357,5 \text{ кг.}$$

Зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр буде складати $Q=357,5$ кг.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Інструкція по техніці безпеки

Загальні вимоги

1. Дотримуватися усіх загальних правил техніки безпеки при роботі на металорізальному верстаті;
2. Виконувати тільки ту роботу, яка дозволена адміністрацією;
3. Вимагати від майстра, інструктажу по техніці безпеки, звертатись до адміністрації за роз'ясненням , якщо що-небудь незрозуміло.

Перед початком роботи

1. Привести в порядок свій одяг, застигнути рукави, заховати волосся під головний убір (без кінців, що звисають);
2. Прийняти верстат від змінщика, перевірити чи добре прибраний верстат і робоче місце, ознайомитись з неполадками верстату у минулій зміні і прийняти міри по їх усуненню;
3. Про несправність верстату негайно доповісти майстру, до усунення несправності до роботи не приступати.
4. Перевірити наявність і справність:
 - а) огорож, проводів, а також струмоведучих частин електроапаратури;
 - б) справність системи змащення і охолодження;
 - в) справність фіксації органів включення і перемикавання;
5. Перевірити якість інструменту при отриманні його зі складу.

При роботі

1. До роботи на верстаті допускаються тільки ті робітники, які добре вивчили

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Грудецький			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Кішеня									6
Перевір.		Кобельник						ТНТУ, зр. МВ-41			
Н. Контр.		Кобельник									
Затверд.		Крупа									

- верстат, його принцип роботи, техніку керування, правила експлуатації;
2. Надійно закріпити різальний інструмент. Перед встановленням фрези у шпиндель верстату необхідно очистити їх від стружки і масла. Несправні фрези встановлювати на верстат заборонено;
 3. Встановлення і зняття фрези проводиться тільки у рукавицях;
 4. Надійно закріпити на верстаті оброблювані вироби;
 5. При виявленні затупленої фрези або викришуванні пластин твердого сплаву необхідно змінити фрезу;
 6. Встановлення деталей проводиться при зупиненій фрезі у вільній зоні;
 7. Не тримати руки на важелях автоматичного перемикання верстату;
 8. Встановлення заготовок на верстаті, зняття обробленої деталі, а також заміри їх у процесі обробки проводиться на виключеному після повної його зупинки і відводу головки у безпечну зону;
 9. Не знімати огорожень з верстату;
 10. Не переключати важелі швидкостей на ходу верстату;
 11. Перед кожним включенням верстату переконатись в тому, що пуск верстату нікому не загрожує небезпекою.
 12. Заборонено:
 - чистити, змащувати обладнання під час його роботи;
 - гальмувати рукою частини верстату, які обертаються;
 - допускати на робоче місце людей, що не мають відношення до роботи;
 13. Утримувати верстат у чистоті і справності;
 14. Під час роботи на холостих ходах перевірити дію кінцевих вимикачів, що обмежують переміщення головки в крайніх положеннях і дію аварійних кнопок „Стоп”;

Після закінчення роботи

1. Зупинити верстат і вимкнути електродвигун;
2. Привести в порядок робоче місце:
 - очистити верстат від стружки;

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- різальний і вимірювальний інструмент скласти у відповідне місце і в визначеному порядку;
- 3. Змастити частини верстату, що труться, тонким шаром масла;
- 4. Здати верстат змінщику і доповісти майстру про несправності обладнання і про прийняті міри по їх усуненню;
- 5. Вимити руки теплою водою з милом і передягнутися.

Блокуючи і захисні пристрої, які використовуються у верстаті

Захисні пристрої використовуються для попередження небезпечного контакту робітника з рухомими частинами верстату і різальним інструментом, а також для локалізації небезпечних зон, куди вилітають частинки оброблюваного матеріалу. Захисні пристрої поділяються на три групи: стаціонарні, рухомі і переносні. Верстат забезпечений стаціонарними рухомими пристроями, які знімаються тільки на час ремонту, або при змащуванні і наладці верстату. Також верстат обладнаний рухомими пристроями, кожухами.

Ефективними запобіжними пристроями є різноманітні блокуючи пристрої, які виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний фактор.

В верстаті встановлені електричні блокуючи пристрої:

- при спрацюванні захисту від перенавантажень електродвигуна приводу головного руху в процесі обробки деталей або при натисканні кнопки „Стоп шпинделя” спочатку відключається електродвигун приводу переміщення головки, а потім з витриманням часу – електродвигун приводу головного руху (здійснюється контактами реле часу);
- виключається можливість роботи електродвигуна переміщення головки при відсутності змащування (здійснюється контактами реле тиску);

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виключається можливість одночасного включення електродвигуна приводу переміщення фрезерної головки у взаємо протилежні напрямки (здійснюється контактами магнітного пускача і контактами реле);
- робота електродвигуна приводу насоса охолодження можлива тільки при включеному електродвигуні приводу головного руху і при його роботі в напрямку робочого ходу (здійснюється контактом реле і контактом пускача в ланцюгу живлення котушки пускача).

В верстаті передбачений захист електроприводів в цілях захисту електрообладнання верстата, а також запобігання від поломок різального інструменту і збереження безпечних умов роботи на верстаті.

Електрична схема верстату передбачає ряд електричних захистів:

- 1) Електродвигун приводу головного руху захищений від струмів короткого замикання автоматичним вимкненням, а також від довготривалих недопустимих перевантажень – тепловим реле. Реле максимального струму захищає електродвигун від коротких перевантажень, виключає роботу електродвигуна в двох фазах і запобігає ламанню різального інструменту;
- 2) Електродвигуни приводу переміщення фрезерної головки, оснащенні автоматичними вимикачами, що забезпечують захист від струмів короткого замикання і недопустимих довготривалих перевантажень;
- 3) Всі механічні переміщення вузлів верстата обмежені шляховими вимикачами;
- 4) Наявність кнопки червоного кольору „**Все стоп аварійний**”, дозволяє негайно відключити всі електродвигуни верстату з метою запобігання нещасних випадків з робітником або пошкодження верстату.

Організація робочого місця

Для працівників, які беруть участь у технологічному процесі обробки різанням, повинні бути забезпеченні зручні робочі місця. На робочому місці повинна бути забезпечена площа, на якій будуть розміщатися: стелажі, тара, столи

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та інші пристрої для розміщення оснастки, матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готових деталей і відходів виробництва.

На кожному місці біля верстата на підлозі повинні бути дерев'яні решітки на всю довжину робочої зони, а по ширині на менше 0,6 м від виступаючих частин верстата.

Розміщення обладнання повинно відповідати нормам технологічного проектування механічних цехів. Згідно цих норм, відстань між верстатами призначена для проходу робітників або переміщення матеріалів повинна бути не менше 1 м. Верстати не повинні встановлюватися в притул до стін, колон та інших верстатів. Розрив між ними для наладки, змащування і ремонту повинен бути не менше 500 мм.

Особливістю організації робочого місця на даному верстаті є те, що обробляються деталі великої маси і тому встановлено пристрої для завантаження і розвантаження.

Для нормальної роботи на робочому місці необхідно забезпечити певне значення освітленості. Згідно [16] при використанні газорозрядних ламп:

- 1) Розряд зорової роботи *IIв*;
- 2) Освітленість при комбінованому освітлені:
 - загальна 200 лк;
 - загальна і місцева 2000 лк.

Попереднє і штучне освітлення виробничих приміщень повинно відповідати вимогам.

***Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до
впливу уражаючих факторів ядерної зброї***

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з основних задач цивільної оборони є проведення міроприємств, направлених на підвищення стійкості роботи об'єкта при радіо магнітних аваріях, катастрофах та стихійних лихах.

Під стійкістю роботи промислового об'єкта розуміють здатність його в екстремальних умовах випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при отриманні слабких чи середніх руйнувань, чи порушення зв'язку кооперацій і поставках відтворювати виробництво в мінімальні строки.

Під стійкістю роботи об'єктів, що безпосередньо не виробляють матеріальних цінностей, розуміють здатність їх виконувати свої функції при настанні екстремальних умов.

На стійкість роботи об'єктів впливають різноманітні фактори, серед яких:

- надійність захисту працівників при катастрофах, аваріях, стихійних лихах;
- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкту протистояти радіаційному, світловому випромінюванню та інше;
- захищеність об'єкту від вторинних уражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень);
- надійність системи постачання об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, водою, газом і інше);
- підготовленість об'єкту до ведення рятувальних робіт і робіт по відновленню порушеного виробництва.

Перераховані фактори визначають собою шляхи підвищення стійкості об'єкта в екстремальних умовах, а саме:

- забезпечення надійного захисту робітників та службовців;
- захист основних виробничих фондів від уражаючих факторів;
- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В наш час, однією із можливих причин порушення нормальної роботи підприємства є різноманітні аварії, пов'язані з викидом радіоактивних речовин (наприклад: аварії на атомних електростанціях) у навколишнє середовище.

Радіоактивними називаються випромінювання, що виникли при радіоактивному розпаді ядер атомів. Основними такими радіовипромінюваннями є: α , β , γ і нейтронне випромінювання. Їх загальною властивістю є здатність іонізувати атоми і молекули речовин, в які вони проникають. Надійним захистом від α – частин є при зовнішньому опроміненні одяг людини. β – частини майже повністю поглинаються автомобільним чи віконним склом і металічними екранами товщиною в декілька міліметрів. γ – випромінювання володіє великою проникною здатністю і є найважливішим фактором проникаючої дії радіоактивних випромінювань. Нейтронне випромінювання має дуже сильну уражаючу дію при зовнішньому опроміненні.

Суть процесу іонізації заключається в тому, що під дією радіоактивного випромінювання електрично нейтральні в нормальних умовах атоми, молекули речовин розпадаються на пари позитивно і негативно заряджених частинок атомів. Іонізація речовин супроводжується зміною її основних фізико-хімічних властивостей, а для біологічної тканини – порушенням її життєдіяльності. І те, і інше при визначених умовах може порушити роботу окремих елементів, пристроїв, систем виробничого обладнання, а також викликати ураження персоналу, що в кінцевому випадку, вплине на діяльність підприємства.

Основним параметром, що характеризує уражаючу дію ядерних випромінювань, є поглинена доза радіації (доза опромінення). Доза радіації D - кількість енергії радіоактивних випромінювань, поглинена одиницею маси опроміненої речовини. Одиницею дози радіації є джоуль на кілограм (**Дж/кг**). Несистемна одиниця дози випромінювання – рад. Для виміру дози використовується несистемна одиниця – рентген (**Р**). Співвідношення одиниць **1рад $\approx$ 1,14Р**.

В зв'язку з тим, що окремі види випромінювання володіють різкою біологічною ефективністю, введемо поняття „біологічної дози”. Одиниця її **бер** (біоло-

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гічний еквівалент рентгена) – не доза випромінення (будь-якого виду), дія якого на живий організм еквівалентна дії $1\text{Р}\gamma$ – випромінення.

Радіоактивне випромінення, що утворюється безпосередньо при вибуху, називається проникаючою радіацією. Джерелом проникаючої радіації є ланцюгова реакція і розпад радіоактивних продуктів, що утворилися в результаті ядерної реакції. Час дії проникаючої радіації не перевищує 10-15с з моменту вибуху.

В залежності від одержаної організмом людини дози опромінення, розділяють 4 ступені променевої хвороби:

- легка-доза радіації 100...200 Р; без смертельних випадків;
- середня-доза радіації 200...300 Р; в результаті ускладнень смертність 20%;
- важка-доза радіації 300...600 Р; в важких випадках смерть настає через 10-36 діб; смертність до 50%;
- вкрай важка-доза радіації більше 600 Р; смерть в 100% уражених через 5-10 діб.

Захистом від проникаючої радіації служать перешкоди і укриття з різних матеріалів, що ослаблюють потік γ – променів і нейтронів. Радіоактивне зараження – це зараження поверхні землі, атмосфери, водних просторів і різних предметів радіоактивними речовинами. Джерелами радіоактивного зараження є: продукти ланцюгової ядерної реакції ділення; частина ядерного заряду; наведена радіоактивність в ґрунті під дією нейтронів.

Масштаби і степінь радіоактивного зараження місцевості залежить від потужності вибуху, метеорологічних умов, рельєфу місцевості, типу ґрунту і рослинності. Частина радіоактивних речовин опадає на поверхню землі в районі вибуху, а решта (більша частина) випадають по мірі посування хмари, утворюючи на поверхні так званий радіоактивний слід, який характеризується довжиною L і шириною B .

На відкритій рівнинній місцевості при незмінному напрямку вітру на всіх висотах слід має форму витягнутого еліпса.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На відміну від проникаючої радіації, що діє на протязі декількох секунд, γ – випромінювання на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами, діє на організм більш тривалий час, практично до тих пір, поки люди не будуть виведені з зараженого району або розміщені в захисних спорудах.

Доза радіації одержана людиною для відкритої місцевості може бути визначена за формулою:

$$D = P_{cp} \cdot t,$$

де P_{cp} – середній рівень радіації за час опромінення, Р/год;

$$P_{cp} = (P_n + P_k) / 2$$

де P_n і P_k – рівні радіації на початку і в кінці перебування на зараженій території;

t – час перебування на зараженій території.

Радіаційне ураження людей залежить не тільки від дози опромінення, але й від часу, на протязі якого одержана ця доза. Для захисту від радіоактивного ураження використовуються сховища і укриття, будівлі і споруди, що послаблюють γ – промені і захищають від зараженого повітря. Захист від радіаційного зараження людей може бути забезпечений за допомогою засобів індивідуального захисту (протигаза, респіратори, захисний одяг).

За критерії стійкості роботи об'єкта народного господарства в цьому випадку приймається допустима доза радіації, яку можуть отримати робітники і службовці за час роботи зміни в конкретних умовах.

Оцінка стійкості об'єкту при дії проникаючої радіації проводиться в такій послідовності:

1. Визначається степінь захищеності робітників та службовців – коефіцієнт ослаблення дози радіації $K_{осл}$ кожної будівлі, в якій буде працювати виробничий персонал. Значення $K_{осл}$ для основних типів будівель, транспортних засобів розраховані і приведені в довідниках.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт ослаблення укриття залежить від його типу і розраховується по формулі:

$$K_{осл} = K_p \cdot \prod_{i=1}^n 2^{hi/di},$$

де n – число захисних шарів матеріалів перекриття сховища;

hi – товщина i -того захисного шару, см;

di – товщина шару половинного ослаблення матеріалу i -того захисного шару, см;

K_p – коефіцієнт, що враховує умови розміщення сховища.

- Визначаються дози радіації, які може отримати виробничий персонал при дії проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

Доза радіації визначається за формулою:

$$D = D_{откр} / K_{осл},$$

де $D_{откр}$ – доза радіації, яку може отримати людина на відкритій місцевості.

- Визначається граничне значення рівня радіації **Р/год**, на об'єкті, до якого можлива виробнича діяльність в звичайному режимі:

$$P_{lim} = \frac{D_{уст} \cdot K_{осл}}{5(t_n^{-0.2} - t_k^{-0.2})},$$

де $D_{уст}$ – допустима (встановлена) доза опромінення для працівників зміни з врахуванням можливого радіаційного опромінення в заміській зоні і при переїзді на об'єкт з таким розрахунком, щоб сумарна доза опромінення не перевищувала допустимої норми однократного опромінення (**50Р**).

- Встановлюється наявність на об'єкті матеріалів, пристроїв, апаратури, чуттєвої до дії радіації і ступінь їх можливого пошкодження при очікуваній дозі опромінення.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Оцінюється степінь і можливість герметизації виробничих приміщень з метою виключення чи зменшення проникнення в них радіоактивного пи-лу.

Під режимом радіаційного захисту робітників і службовців, виробничої діяльності об'єкту в умовах радіоактивного зараження потрібно розуміти вста-новлений режим роботи, пересування і відпочинку працюючих змін з викорис-танням засобів захисту, який виключає радіаційне зараження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Оскільки умови роботи об'єктів можуть бути різні, то режими роботи по-винні розраховуватися індивідуально для кожного об'єкту, якщо це допускаєть-ся по технологічних умовах виробництва.

Зведена таблиця режимів роботи цеху (об'єкту) для різних рівнів радіації є складовою частиною документів по управлінню робочим виробничим проце-сом.

Для прийняття рішення про введення в дію визначеного режиму роботи необхідно заміряти рівень радіації на території об'єкту і перерахувати його на 1 год після вибуху по формулі:

$$P_1 = P_{\text{сум}} \cdot K_{\text{пер}},$$

де $P_{\text{сум}}$ – виміряний рівень радіації на час $t_{\text{сум}}$ від моменту вибуху;

$K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку, виміряного рівня радіації на 1 год після вибуху.

Таблиця 8.1 – режими роботи цеху при радіоактивному зараженні мі-сцевості для умов: $D_{\text{уст}}=25P$, $K_{\text{осл}}=7$, $t_{\text{рmax}}=12\text{год}$, $N=3\text{см}$ (виробничий процес можна переривати)

ни номер режи ції на 1 год	Зміст режиму роботи	Доза рад. за час роботи	Можливий початок робо- ти в звичай-
--	---------------------	-------------------------------	---

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		початок роботи після вибуху, год	№ зміни	початок роботи зміни після вибуху, год	закінчення роботи зміни після вибуху, год	тривалість роботи зміни, год		ному режимі (двома змінами) після вибуху, год
A-1	25	1	1	1	13	12	7	13
A-2	50	1	1	1	13	12	21	13
A-3	80	1	1	1	13	12	23	13
Б-1	100	1	1	1	9	8	25	21
			2	9	21	12	7	
Б-2	140	1	1	1	4,5	3,5	25	16,5
			2	4,5	16,5	12	17	
Б-3	200	1	1, 2, 3	1, 3, 11	3, 11, 23	2, 8, 12	25, 25, 12	23
Б-4	240	1,5	1, 2, 3	1,5; 3,5; 10,5	3,5; 10,5; 22,5	2, 7, 12	25, 25, 12	22,5
В-1	300	2	1	2	4	2	25	22
			2	4	10	6	25	
			3	10	22	12	22	
В-2	400	4,5	1	4,5	8,5	4	25	30,5
			2	8,5	18,5	10	25	
			3	15,5	30,5	12	16	
В-3	500	5	1	5	8,5	3,5	25	27,5
			2	8,5	15,5	7	25	
			3	15,5	27,5	12	23	
В-4	600	9,5	1	9,5	15,5	6	25	37,5
			2	15,5	25,5	10	25	
			3	25,5	31,5	12	17	
В-5	800	14,5	1	14,5	21,5	7	25	43,5
			2	21,5	31,5	10	25	
			3	31,5	43,5	12	18	

Знаючи рівень радіації на об'єкті на **1 год** після вибуху, в графіку режимів роботи знаходимо номер режиму, який вводиться в дію.

В графіку режиму роботи вказується: час відновлення виробничого процесу (якщо він був перерваний), число змін, час початку роботи і тривалість роботи кожної зміни, доза радіації, яку отримують працівники.

На підприємствах, виробнича діяльність яких може продовжуватися в умовах радіоактивного зараження проводяться наступні захисні міроприємства:

- герметизація основних виробничих будівель і споруд шляхом прибудови тамбурів, герметизація дверей, віконних проїмів і проїмів транспортних засобів.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підготовлюються пристрої для обеззараження води, яка поступає на господарські, побутові і виробничі потреби. Створюються запаси дезактивуючих і дезінфікуючих засобів, підготовлюються технічні засоби для їх застосування.

Розробляються всі можливі системи і режими захисту робітників і службовців в умовах радіоактивного зараження. Весь виробничий персонал забезпечується засобами індивідуального захисту.

При будь-якому ядерному вибуху завжди є вторинні фактори ураження (пожежі, зараження атмосфери і місцевості, руйнування пошкоджених конструкцій будівель в результаті пожеж, викликаних ядерним вибухом). Тому проводяться спеціальні міроприємства по збільшенню стійкості об'єкта при дії вторинних факторів, серед яких:

- вивід наднормативних запасів рідини, що викликають вторинні фактори ураження (горючі матеріали, ядохімікати, вибухонебезпечні речовини) на безпечну відстань від об'єкту;
- зміна технологічного процесу, що виключає виникнення вторинних уражаючих факторів;
- застосовують пристрої, в тому числі і автоматичні, для відключення систем, руйнування яких може викликати вторинні уражаючі фактори;
- винесення за межі території об'єкту сховища, бензину, нафти, мазути;
- встановлення у вибухонебезпечних приміщеннях пристроїв, що локалізують дію вибуху (проти вибухових клапанів, самовідриваючих вікон, тощо);
- надійне закріплення ємностей для зберігання і приготування хімікатів;
- будівництво захисних дамб проти затоплення території;
- підготовка і раціональне розміщення засобів гасіння пожеж біля найбільш небезпечних цехів і дільниць;
- введення автоматичної сигналізації в межах підприємства, яка б допомагала запобігати аваріям і вибухам, загазованості території.

Розглянутий порядок підготовки і проведення міроприємств по підвищенню стійкості не відображає усіх особливостей об'єкту. Тому до проведення

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всіх міроприємств по захисту необхідно підходити творчо. Підвищення стійкості роботи об'єкту народного господарства є складною задачею, яка потребує великих затрат і постійної уваги. Економічна ефективність цих міроприємств може бути досягнута при їх максимальному поєднанні з задачами по забезпеченню безаварійної роботи об'єкта, покращенню умов праці, вдосконалення виробничого процесу. Виконання вимог норм проектування інженерно-технічних міроприємств цивільної оборони сприяє безпечному функціонування об'єктів, покращенню умов праці і безпечному проживанні в містах населення.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено аналіз конструкції деталі «Корпус ОГ 1-12.314». Проаналізовано існуючі технологічні процеси виготовлення такого типу деталей. Вимог які до них ставляться. Проведений аналіз дав змогу подолати існуючих технологій виготовлення та врахувати існуючі недоліки при проектуванні нового технологічного процесу. Здійснено ґрунтовний аналіз двох методів отримання заготовки та вибрано найекономічніший та найвигідніший метод. Робота містить необхідні показники обґрунтування оптимальності запропонованого технологічного процесу обробки деталі. В ході проектування техпроцесу визначено базові поверхні для кожної операції, визначено припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. В роботі здійснено вибір різального та вимірювального інструменту, необхідного обладнання, для відповідних операцій технологічного процесу зроблено розрахунок режимів різання та нормування часу виготовлення.

Для виконання обробки деталі проведено кінематичний і конструктивний розрахунок широко універсального фрезерного верстата. Розроблено та зконструйовано верстатні пристосування для технологічних операцій, розроблено новий удосконалений технологічний процес механічної обробки деталі. В кваліфікаційній роботі зроблено обґрунтування з точки зору охорони праці та безпеки життєдіяльності.

					<i>КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Грудецький</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Кішеня</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Кобельник</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Крупа</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, гр. МВ-41</i>		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра: структура, вимоги до виконання та захист. Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти / уклад.: Р. А. Склярів, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, Р. Я. Лещук, А. А. Сенік, В. В. Шанайда, А. В. Гагалюк, В. М. Буховець. – Тернопіль : ТНТУ, 2025. 78 с.

2. Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М.І. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів. *Вісник ТНТУ : Науковий журнал.*: Тернопіль : ТНТУ, 2012. № 4 (68). С. 114–127.

3. Beddoes J. Principles of metal manufacturing processes /Beddoes, Jonathan.: Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2003. 326 p.

4. Creese, R. Introduction to manufacturing processes and materials /Creese, Robert C: New York : Marcel Dekker, 1999. 395 p.

5. V. Krupa et al. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2025).

6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок.: Львів: Світ, 1996. 368 с.

7. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Металорізальні верстати : навч. посіб.: Львів Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. 268 с.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Грудецький			Перелік посилань	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Кішеня				Н		5
Перев.		Кобельник				ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кобельник						
Затверд.		Крупа						

8. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник. Львів: Бескид Біт, 2008. 448 с.

9. Гейчук В.М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor (Частина І): навч. посіб. Навчальне мережне електронне видання. К.: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. 394 с.

10. Гагалюк А.В., Паливода Ю.Є. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування : навчальний посібник Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.

11. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: навч. посіб.: К.: НТУУ «КПІ», 2007. 60 с.

12. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б, Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин».:Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75 с

13. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: навчальний посібник.: Львів: Афіша, 2000. 350 с.

14. Кальченко В. І. ,Кологойда А. В, О. С. Следнікова. Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів. Методичні вказівки до виконання практичних та розрахунково-графічної робіт : Чернігів: ЧНТУ, 2016. 111 с.

15. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки.* : Житомир : ЖДТУ, 2007. Вип. № 1 (40). С. 34–40.

16. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118. *Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць.* : Житомир : ЖДТУ, 2010. Вип. 8. С. 99–108.

17. Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї : наука : виробництво: тези допов. : Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.

18. Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць.*: Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. С. 47–56.

19. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2013. 21 с.

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

21. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. : Краматорськ, 2011. Вип. № 28. С. 77–85.*

22. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць.*: Краматорськ, Київ, 2006. Вип. № 19. С. 58–64.

23. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні. *Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. : К. : КПІ, 2012. Том 1. С. 71–73.*

24. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць.* : Краматорськ, Київ, 2006. Вип. № 19. С. 58–64.

					КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

26. Кривий П.Д., Тимошенко Н.М., Дзюра В.О., Кобельник В.Р. Уточнений метод апіорно-емпіричних функцій визначення закону розподілу та його характеристик на основі малої вибірки. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року.*: ТНТУ, 2020. С. 132–133.

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

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

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

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

31. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом.: Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

32. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: «Вища школа», 1993. 560 с.

33. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник.: Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

		.			КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34. Паливода Ю.Є., Кухарський О.М. Визначення припусків розрахунково аналітичним методом: Тернопіль, 2003. 81 с.

35. Пат. 16398 Україна, МПК (2006) G 01 B 5/24. Спосіб вимірювання головного заднього кута спірального свердла / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Шарик М. В.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u200600061; заявл. 03.01.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

36. Пат. 51906 UA, МПК B23B 49/00. Переналагоджувальний свердлильний кондуктор [Текст] / Гупка Андрій Богданович, Гупка Богдан Васильович, Брощак Іван Іванович, Гевко Ігор Богданович, Ляшук Олег Леонтійович, Дячун Андрій Євгенович, Гагалюк Андрій Валерійович (Україна) - опубл. 10.08.2010.

37. Равська Н. С. та ін. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: навчальний посібник.: Житомир: ЖІТІ, 2000. 332 с.

38. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням. Львів: Видавництво “Оріяна Нова”, 2002. 208 с.

39. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

		.			КРБ 21-030/033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		