

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

Верстатно-інструментальне забезпечення виготовлення деталі
«Корпус ГЗ 12.001» та розробка конструкції коробки подач
вертикально-свердлильного верстата

Виконав: студент (ка)4 курсу, групиМВ-41

напряму підготовки (спеціальності)

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	(підпис)	Бичковський В.Ю.	(прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Кобельник В.Р.	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кобельник В.Р.	(прізвище та ініціали)
Завід. кафедри	(підпис)	Крупа В.В.	(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.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Бичковському Валерію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно-інструментальне забезпечення виготовлення деталі
«Корпус ГЗ 12.001» та розробка конструкції коробки подач вертикально-свердлильного верстата

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 ГЗ 12.001»

Базовий технологічний процес обробки деталі. Верстати-аналоги.

Аналоги конструкцій коробок подач вертикально-свердлильних верстатів

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

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

2. Технологічна частина Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. Конструкторська частина Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання 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)

Деталь «Корпус ГЗ 12.001», заготовка – 1 ф.А1

Креслення вузла «Гідрозамок» – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата (коробка подач, гвинт подачі) – 2 ф.А1.

Карта налагодження. РТК – 1 – 2 ф.А1.

Пристосування кондуктор – 1 ф.А1.

Деталювання - 1 ф.А1.

[illegible][illegible]

_____ Бичковський В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Бичковський В.Ю. Верстатно-інструментальне забезпечення виготовлення деталі «Корпус ГЗ 12.001» та розробка конструкції коробки подач вертикально-свердлильного верстата : 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, 80с.

В кваліфікаційній роботі приведено здійснено синтез технологічного маршруту механічної обробки деталі, запропоновано та розроблено операційний технологічний процес обробки деталі. Вибрано режими різання та визначено норми часу для всіх необхідних операцій. Спроектовано привід руху подач. Запропоновано конструкцію коробки подач вертикально свердлильного верстату. Запропоновано конструкцію пристосування для свердління двох отворів. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: корпус, верстат, різальний інструмент, технологічний процес, режими різання, привід головного руху, шпиндель, свердло.

Bychkovsky V.Yu. Machine-tooling support for manufacturing the “Housing HZ 12.001” part and development of the feed gearbox design for a vertical drilling machine. 133 – Industrial engineering; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2025.

The qualification work presents a synthesis of the technological route for machining a part, proposes and develops an operational technological process for machining a part. Cutting modes are selected and time standards are determined for all necessary operations. The feed drive is designed. The design of the feed box of a vertical drilling machine is proposed. The design of a device for drilling two holes is proposed. The issues of labor protection and life safety are resolved.

Key words: housing, machine tool, cutting tool, technological process, cutting modes, main motion drive, spindle, drill

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бичковський			Аанотація	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Кобельник				Н		4	1
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль			
Н. Контр.		Кобельник							
Затверд.		Крупа							

ЗМІСТ

Вступ	
1 Загальна частина	
1.1 Особливості об'єкту виробництва, його призначення та аналіз технічних умов щодо виготовлення виготовлення	
1.2 Розробка технологічної схеми складання вузла	
1.3 Аналіз існуючого металообробного обладнання	
2 Технологічна частина.....	
2.1 Опис конструкції та службового призначення деталі виробу для вимог проектування технологічного процесу механічної обробки. Аналіз технічних на виготовлення деталі	
2.2 Характеристика матеріалу деталі	
2.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей	
2.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	
2.5 Розробка маршрутного технологічного процесу	
2.5.1 Вибір технологічного обладнання і оснащення	
2.5.2 Визначення між операційних припусків і проміжних розмірів	
2.5.3 Розробка операційної технології	
2.5.4 Вибір різального, допоміжного і та контрольно-вимірного інструменту.	
2.5.5 Вибір режимів різання	
2.5.6 Розрахунок технічних норм часу	
3 Конструкторська частина	
3.1 Кінематичний розрахунок приводу подач	
3.2 Вибір потужності та типу двигуна	
3.3 Конструювання та розрахунок коробки подач	

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н	5	2
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

3.3.1	Опис конструкції та принцип роботи коробки подач	
3.3.2	Конструктивний розрахунок коробки подач	
3.3.3	Силовий розрахунок приводу подач	
3.3.3.1	Попередній розрахунок вихідного вала	
3.3.3.2	Уточнений розрахунок вихідного вала	
3.4	Конструювання та розрахунок гвинт-гайки ковзання	
3.4.1	Опис конструкції гвинт-гайки ковзання	
3.4.2	Розрахунок гвинт-гайки ковзання	
3.5.	Підбір підшипників	
3.6	Обґрунтування вибраного оснащення на операцію	
3.6.1	Призначення, будова і принцип роботи пристосування	
3.6.2	Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування	
3.6.3	Розрахунок сили затиску	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	
4.1	Характеристика виробничої ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці	
4.2	Розрахунок освітлення для спроектованої ділянки	
	Перелік посилань	
	Додатки.....	

ВСТУП

Машинобудування використовується у всіх сферах народного господарства України. Зокрема виробництво транспортних засобів, верстатобудування, підйомно-транспортних машин і ін. Велику роль в цих галузях займає автоматизація та механізація, яка дозволяє виробляти машини більш мобільними, легкими в експлуатації, прогресивнішими. Основою автоматизації служить вибір виду енергії, як електричної, електромагнітної так і гідравлічної та пневматичної. Для успішного використання вибраної енергії необхідно мати відповідну апаратуру. До такої апаратури відноситься вузол “Гідрозамок”, який стабілізує тиск в гідро- чи пневмосистемах, запобігає передчасному зношенню, перевантаженню або поломці систем і без якого відповідні системи експлуатувати неможливо.

Металообробка різанням займає важливу роль у виготовленні елементів, деталей вузлів машин, оскільки забезпечує їх якісне виготовлення щодо точності розмірів і шорсткості поверхонь порівняно з вилитими, пресованими чи штампованими виробами.

Тому технологія механічного оброблення деталей залишається актуальною на даний час і майбутньому особливо в одиничному та серійному виробництві, що відображається в даному проекті.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бичковський			Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Кобельник				Н		7	1
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль			
Н. Контр.		Кобельник							
Затверд.		Крупа							

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості об'єкту виробництва, його призначення та аналіз технічних умов щодо виготовлення виготовлення

Гідрозамок — це гідравлічний пристрій, що функціонує як зворотний клапан і призначений для блокування руху робочих частин гідроциліндрів.

Розглянемо його роботу на прикладі: припустимо, що права сторона гідрозамка підключена до поршневої порожнини гідроциліндра, а ліва — до штокової. Коли масло під тиском надходить у поршкову порожнину (через штуцер 9), воно викликає зміщення золотника 5 всередині корпусу 1 вліво. Це зміщення відкриває зворотний клапан 7, що дозволяє маслу зі штокової порожнини гідроциліндра вільно виходити на злив через штуцер 6. Водночас, відкривається і правий зворотний клапан 7, забезпечуючи надходження масла в поршкову порожнину гідроциліндра.

Як тільки подача гідравлічної рідини до гідрозамка припиняється, золотник повертається у вихідне (нейтральне) положення. Під впливом пружини 8 та тиску масла з обох сторін поршня гідроциліндра, обидва зворотні клапани герметично закриваються, надійно утримуючи поршень гідроциліндра на місці.

1.2 Розробка технологічної схеми складання вузла

Складання є ключовим етапом у виробництві, що передбачає послідовне з'єднання окремих компонентів для створення функціонального виробу.

Технологічна схема детально описує цю послідовність.

Складання виробу — це процес з'єднання елементів, що утворюють роз'ємні або нероз'ємні з'єднання. Технологічна схема складання визначає послідовність цих з'єднань.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Аналітична частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н	в	4
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

Для гідрозамка ми починаємо з корпусу (поз. 1), який слугує базовою деталлю, до якої будуть кріпитися всі інші елементи.

Процес складання:

1. Ліва сторона корпусу:

- Встановіть золотник (поз. 5) у корпус.
- Надягніть шкіряну підкладку на золотник так, щоб у неї вперся циліндр (поз. 4).

- Вставте клапан (поз. 7) у циліндр.
- Притисніть клапан сідлом (поз. 2).
- Розмістіть пружину (поз. 8) та шкіряну підкладку (поз. 10) у сідлі.
- Нагвинтіть штуцер (поз. 3) на різьбову поверхню корпусу.

2. Права сторона корпусу:

- Встановіть клапан (поз. 7).
- Підперти сідло (поз. 2) у клапан.
- Встановіть пружину (поз. 8) у сідло.
- Закріпіть шкіряну підкладку (поз. 10) до корпусу.
- Нагвинтіть штуцер (поз. 3) на різьбову поверхню.

На завершення, вгвинтіть штуцери (поз. 6 і 9) у внутрішні різьбові поверхні.

Для візуального розуміння послідовності складання зверніться до графічної частини технологічної схеми.

1.3 Аналіз існуючого металообробного обладнання

Металообробні свердлильні верстати, як і будь-яке інше обладнання, призначені для створення заданих поверхонь деталей машин. Для цього вони здійснюють комплекс формоутворюючих рухів. Основний рух — обертання різального інструменту — забезпечується шпиндельним блоком.

Привід цього головного руху працює на основі регульованого двигуна, що дозволяє шпинделю досягати швидкості обертання до 1000-2000 об/хв.

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

Привід подачі використовує асинхронний двигун, який через ходовий гвинт (напрямку або через одноступінчастий редуктор) переміщує свердлильну головку у вертикальному напрямку зі швидкістю до 3000-5000 мм/хв.

Існують численні конфігурації верстатів, розроблені вітчизняними та світовими виробниками за різними принципами. Далі ми розглянемо найпоширеніші конструкції, що використовуються на виробництві.

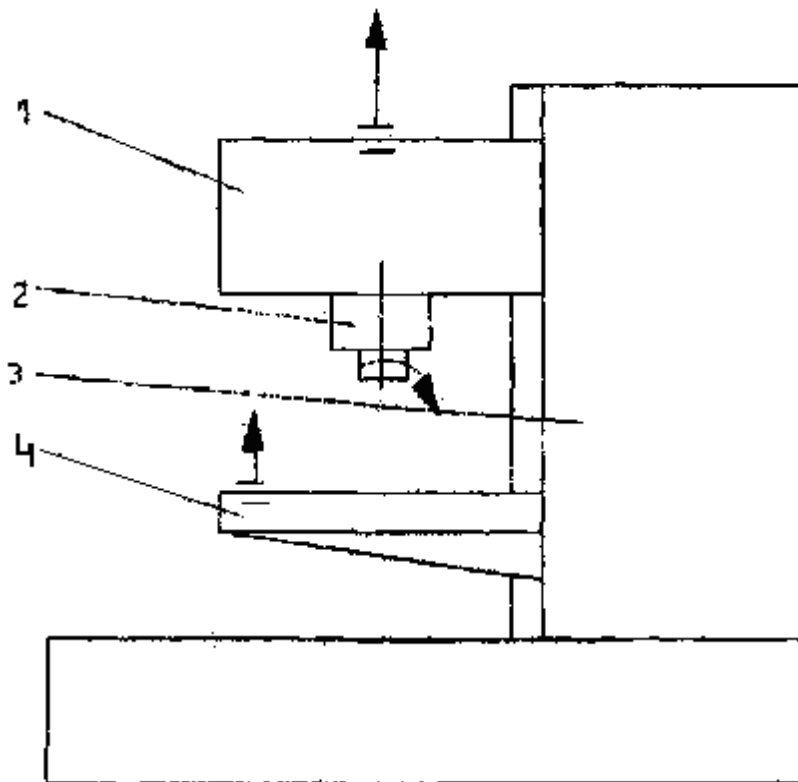


Рис. 1.1 – Компонувна вертикально - свердлильного верстата мод. 2Н135

Представляємо верстат, який дозволяє виконувати широкий спектр операцій: свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання, зенкування, цикування та різьбонарізання мітчиком. Його універсальність робить його незамінним для індивідуального та невеликого серійного виробництва.

Робота верстата ґрунтується на обертальному та вертикальному русі інструменту, що знаходиться в шпинделі свердлильної головки. Заготовка, надійно закріплена на столі, залишається нерухомою протягом всього процесу

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

різання. Конструкція верстата включає несучу колону, що кріпиться до плити та оснащена вертикальними напрямними типу "ластівчин хвіст". Це забезпечує точне позиціонування столу та свердлильної головки, яка, до речі, містить коробку подач та, зверху, коробку швидкостей.

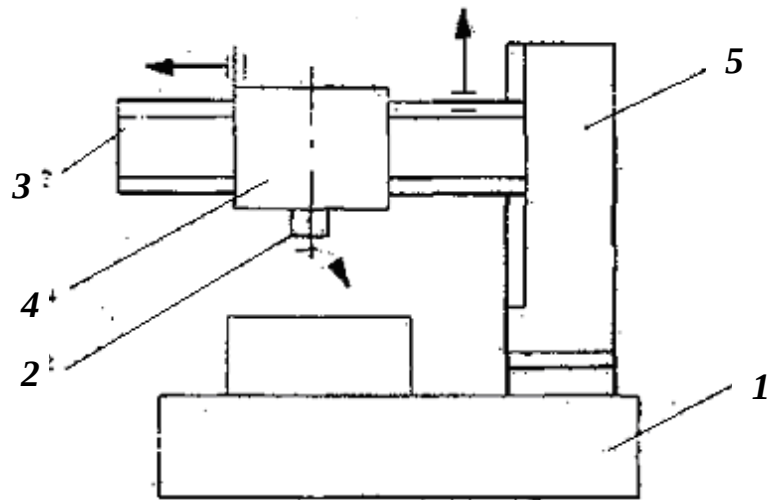


Рис.1.2 - Радіально - свердлильний верстат моделі 2554.

Цей верстат призначений для обробки великих корпусних деталей, виконуючи свердління, зенкерування, розвертання отворів та нарізання різьби мітчиком. Він ефективний як для одиничного, так і для великосерійного виробництва. Завдяки спеціальному оснащенню, верстат також може вирізати круглі клапани з листового матеріалу, формувати внутрішні круглі канавки та виконувати операції, притаманні розточним верстатам.

Принцип його роботи полягає в тому, що заготовка залишається нерухомою на фундаментній плиті. Натомість, шпиндель свердлильної головки виконує всі необхідні рухи: він обертається (основний рух), рухається вздовж своєї осі (рух подачі), а також може переміщуватися разом з головкою по рукаву від отвору до отвору, а також разом з рукавом навколо колони. Рукав також можна переміщувати вертикально по напрямних колони. Зверху свердлильної головки розташовані коробки швидкостей і подач, а також гідравлічні механізми перемикання.

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис призначення та конструкції деталі. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.

Деталь «Корпус ГЗ 12.001» служить для встановлення золотника який відкриває зворотній клапан через який мастило з штокової поверхні гідроциліндра буде виходити через штуцер на злив.

Деталь має циліндричну форму з двома лапами. В середині корпус має порожнисту форму на яких є дві зовнішні різьбові поверхні і дві внутрішні різьбові поверхні. Габаритні розміри деталі 190×52.

Згідно з класифікатором ЄСКД, за формою, конструктивними та технологічними характеристиками, деталь можна віднести до класу 73 – корпуси.

Конструкція деталі є типовою і широко використовується в галузі машинобудування. Аналізуючи креслення з погляду якості обробки поверхонь, можна виділити основні та допоміжні поверхні, які підлягають механічній обробці.

До основних поверхонь можна віднести:

- отвір $\varnothing 40H7$ Ra 1,25, служить для посадки золотника;
- отвір $\varnothing 42H7$ Ra 1,25, служить для посадки циліндра;
- отвір $\varnothing 26H7$ Ra 1,25 служить для посадки сидла.

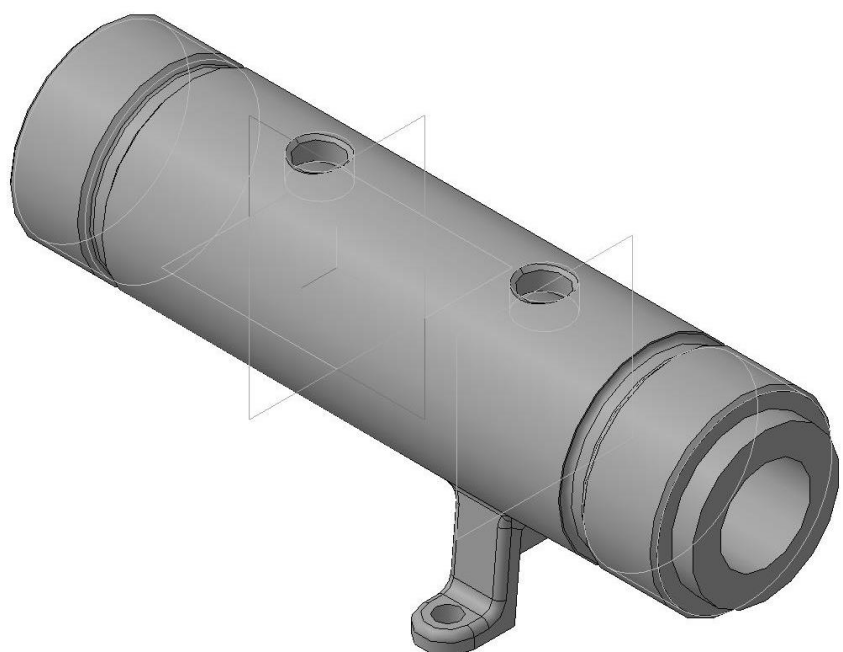
До допоміжних поверхонь можна віднести:

- різьбова поверхня M14-7H Ra 6,3, що використовується для подачі рідини в циліндр;
- отвори $\varnothing 7$ Ra 6,3, що використовується для кріплення корпусу до плити.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Технологічна частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н	12	24
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

Таблиця 2.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхонь	Зміст технічних вимог	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1; 21	73h14 Ra12,5	Фрезерування	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
2;3	Ø7H14 Ra6,3	Свердління	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
4;5	190h14 Ra6,3	Точіння	Штангенциркуль Ш Ц-II-250-0,1
6	Ø42h14 Ra12,5	Точіння	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
7;13	M52×2 Ra6,3	Нарізання різі різцем	Калібр-кілеце M52×2
8;14	5H14; Ø48; Ra12,5	Точіння	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
9	Ø26H7 Ra1,25	Розточування чистове	Калібр-пробка одностороння Ø26H14
10	Ø14H14 Ra12,5	Свердління	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
11	Ø40H7 Ra1,25	Розточування чистове	Калібр-пробка одностороння двогранична Ø40H7
12	Ø42H7 Ra6,3	Розточування чистове	Калібр-пробка Ø42H7
15,16	M14-7H Ra6,3	Точіння торця	Штангенциркуль Ш Ц-I-125-0,1
17	48IT14/2 Ra12,5	Точіння торця	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
18	137IT14/2 Ra1,25	Точіння торця	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
19	1 × 45° Ra12,5	Точіння фаски	Шаблон



		.			КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2.2 Характеристика матеріалу деталі

Згідно креслення деталь виготовляється зі Сталь 30Л, це вуглецева конструкційна сталь.

Хімічний склад [1] С.565 і заносимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Хімічний склад Сталі 30Л

Si	C	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu
0,2-0,52	0,27-0,35	0,4-0,9	не більше				
			0,3	0,04	0,045	0,3	0,3

Фізико-механічні властивості вибираємо із [1] та відповідно зводимо таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Фізико-механічні властивості Сталі 30Л

HB	$\sigma_m, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	Відносне видовження $\delta_H, \%$	Відносне звуження $\psi, \%$	Рідкопли нність $K_{p.пл.}$	Усад ка, %	Оброблюваність	
							$K_{v.T.сп}$	$K_{v.шв.ст}$
187	470	245	12	19	179	2,2- 2,3	1,25	1,0

Даний матеріал використовується у машинобудуванні для виготовлення важелів, балансирів, корпусів, муфт, шківів, кронштейнів, зварювально-литих конструкцій, станин, балок, опорних кілець, бандажів, маховиків і інших деталей, які працюють в умовах середніх статичних і динамічних навантажень.

2.3 Вибір типу виробництва та його характеристика

Тип виробництва вибарають виходячи з річної програми випуску деталей $N_{\text{річ}} = 1100 \text{ шт/рік}$, що передбачається заданням і маси деталі $g = 1,54 \text{ кг}$.

Згідно [1] вибираємо тип виробництва середньосерійний.

Йому характерно:

- Організація виробничого процесу має предметно-потоккову форму.
 - Технологічне обладнання розміщується відповідно до послідовності виконання операцій.
 - Рівень кваліфікації працівників — неоднорідний.
 - Операції повторюються періодично, вироби виготовляються партіями.
 - Технологічні процеси поділяються на групові та типові.
 - Деталізація технологічних процесів виконується на маршрутно-операційному рівні, для верстатів із ЧПК — з підвищеною точністю.
 - Обладнання використовується універсальне, частково спеціалізоване, включаючи верстати з числовим програмним керуванням.
 - Технологічне оснащення представлено універсальними налагоджувальними та збірно-розбірними засобами.
 - Різальний інструмент застосовується як універсальний, так і спеціалізований.
 - Для вимірювання використовуються як універсальні інструменти, так і калібри.
 - В якості заготовок використовуються прокат, литво та поковки.
 - Розмітка застосовується обмежено.
 - Точність досягається за рахунок забезпечення повної або часткової взаємозамінності.
 - Собівартість продукції є на середньому рівні.
- Серійне виробництво характеризується груповою організацією технологічних процесів із типовим виготовленням деталей партіями.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Розмір оптимальної партії визначається [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, (\text{шт.}) ; \quad (2.1)$$

де a – необхідний запас деталей на склад для безперебійної роботи цеху. Для середніх деталей $a=5$; для дрібних деталей $a=10-12$ днів.

N – річна програма випуску, шт. $N_{\text{річ}} = 1100$ шт.

F – число робочих днів у році ; $F = 257$ днів (при двох днях відпочинку)

$$n = \frac{1100 \cdot 10}{257} = 43 \text{ штук.}$$

Отже величина партії деталей становить $n=43$ шт. при роботі в одну зміну.

2.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Вибір способу отримання заготовки залежить насамперед від конструктивних особливостей деталі, використовуваного матеріалу та обсягу виробництва. Доцільність обраного методу підтверджується порівнянням техніко-економічних показників двох варіантів виготовлення заготовки, а також коефіцієнтом використання матеріалу.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

З огляду на конструкцію, матеріал деталі та середньосерійний характер виробництва, для заданої деталі обираються два варіанти заготовок відповідно до характеристик методів отримання ливарних заготовок [2] С.96, табл. Е8.2:

- лиття в піщані форми з ручним формуванням;
- лиття в піщані форми з машинним формуванням.

Згідно з [2], для ручного формування приймаємо 11-й клас точності розмірів та припуски 5-го ряду, а для машинного формування — 7-й клас точності та припуски 2-го ряду.

Допуски лінійних розмірів виливків та загальні припуски визначаються згідно з [3], а результати оформлюються у таблиці 2.1.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 –розміри заготовок та припуски

№ п/п	Оброблювана поверхня, її розміри і точність	Параметр шорсткості, мкм	Допуск розміру, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки з граничними відхиленнями, мм
1	2	3	4	5	6
I Заготовка виливка 11 клас точності розмірів, 5 ряд припусків					
1	Торець 73h14	Ra12,5	4,4	5,0	78 _{-4,4}
2	Торець 190h14	Ra6,3	5,6	$6,0 \times 2 = 12$	202 _{-5,6}
3	Різьба M52×2	Ra6,3	4,0	$5,0 \times 2 = 10$	Ø62 _{-4,0}
4	Отвір Ø40H7	Ra1,25	4,0	$5,0 \times 2 = 10$	Ø50 ^{+4,0}
5	Торцева поверхня 137	Ra1,25	5,0	6,0	131 _{-5,0}
II Заготовка відливок 7 клас точності розмірів, 2 ряд припусків					
6	Торець 73h14	Ra12,5	1,1	1,6	74,6 _{-1,1}
7	Торець 190h14	Ra6,3	1,4	$2,0 \times 2 = 4$	194 _{-1,4}
8	Різьба M52×2	Ra6,3	1,0	$1,6 \times 2 = 3,2$	Ø55,2 _{-1,0}
9	Отвір Ø40H7	Ra1,25	0,9	$1,4 \times 2 = 2,8$	Ø37,2 _{-0,9}
10	Торцева поверхня 137	Ra1,25	1,2	2	135 _{-1,2}

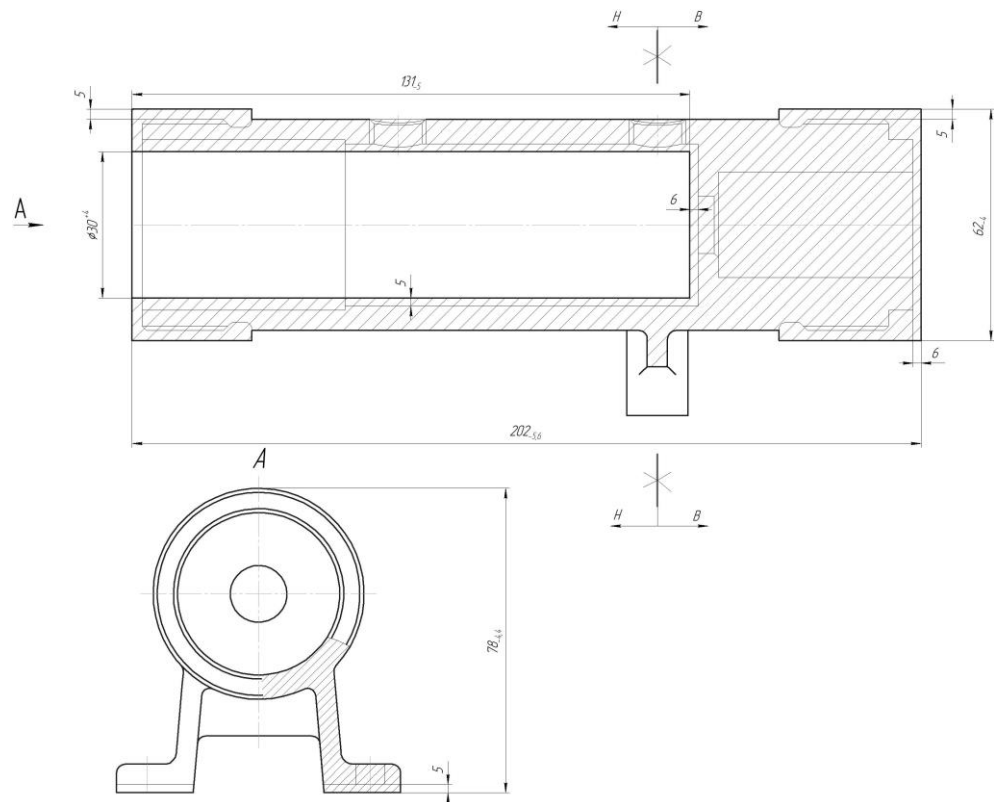


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки з припусками припусками отриманими литтям в піщані форми з ручною формовкою.

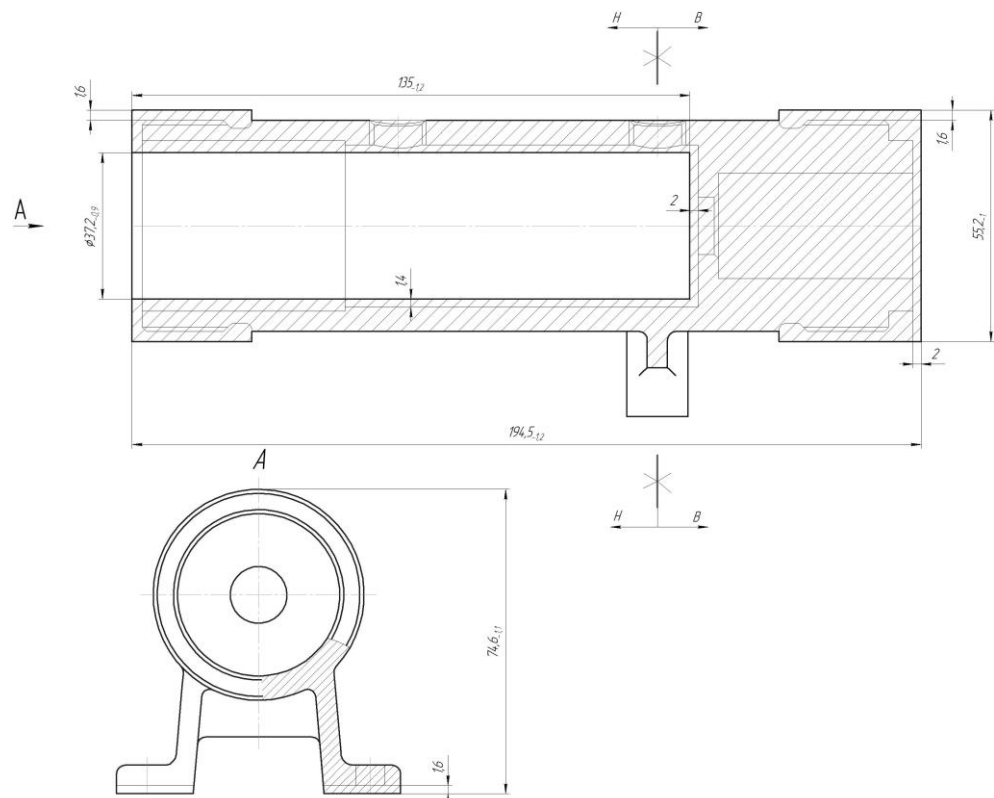


Рисунок 2.3 Ескіз заготовки з припусками отриманими литтям в піщані форми з машинною формовкою

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = q_{\text{дет}} + V_{\text{пр}} \cdot \rho (\text{кг}) \quad (2.2)$$

де $V_{\text{пр}}$ – об'єм припуску заготовки, см^3 ;

ρ – густина матеріалу заготовки, г/см^3 .

Для чавунних відливок $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ [2] С.46 табл.Е1.

$q_{\text{дет}} = 1,54 \text{ кг}$. – маса деталі з креслення

Об'єми припусків циліндричних фігур порожнистої форми визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot h (\text{см}^3) \quad (2.3)$$

Об'єм припусків плоских фігур за добутком сторін

$$V = L \cdot B \cdot h (\text{см}^3) \quad (2.4)$$

Об'єми припусків заготовки першого варіанту:

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot (62^2 - 52^2)}{4} \cdot 32 = 28,64 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot (40^2 - 30^2)}{4} \cdot 131 = 72,021 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 26^2}{4} \cdot 53 = 28,125 \text{ см}^3;$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot (62^2 - 52^2)}{4} \cdot 39 = 43,85 \text{ см}^3;$$

$$V_5 = 15 \cdot 19 \cdot 5 \cdot 2 = 2,85 \text{ см}^3;$$

$$V_6 = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 5 \cdot 2 = 384,65 \text{ см}^3$$

$$V_7 = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 6 = 923,16 \text{ см}^3$$

Об'єми припусків заготовки другого варіанту:

$$V_1 = \frac{\pi(55,2^2 - 52^2)}{4} \cdot 29 = 7808 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi(40^2 - 37,2^2)}{4} \cdot 135 = 22891 \text{ см}^3;$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 26^2}{4} \cdot 53 = 28,125 \text{ см}^3;$$

$$V_4 = \frac{\pi(55,2^2 - 52^2)}{4} \cdot 37 = 9962 \text{ см}^3;$$

$$V_5 = 15 \cdot 19 \cdot 5 \cdot 2 = 2850 \text{ см}^3;$$

$$V_6 = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 5 \cdot 2 = 384,65 \text{ см}^3$$

$$V_7 = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 6 = 923,16 \text{ см}^3$$

Тоді сума припусків по варіантах заготовок становитиме:

$$V_{\text{при}} = 28,64 + 72,021 + 28,125 + 43,85 + 2,85 + 384,65 + 923,16 = 1483,3 \\ = 0,0015 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{приII}} = 7808 + 22891 + 28,125 + 9962 + 2850 + 384,65 + 923,16 = 44890 \\ = 0,045 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

Маса заготовок виготовлених двома методами:

- Ляття в піщану форму з ручною формовкою

$$Q_{\text{загI}} = 1,89 \text{ кг.}$$

- Лиття в піщану форму з машинною формовкою

$$Q_{\text{загII}} = 1,77 \text{ кг.}$$

Собівартість відливків розраховуємо згідно формули :

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_6 \cdot Q_3 \cdot K_{\text{П}}}{1000} \right) - (Q_3 - q) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000} (\text{грн.}) \quad (2.5)$$

де : Q_3 – маса заготовки, кг.

q – маса готової деталі, кг.

$S_{\text{відх.}}$ – ціна 1 тонни відходів, грн. $S_{\text{відх.}} = 3150 \text{ грн/т.}$ [4] С.360 дод.19

C_6 – базова ціна однієї тонни заготовок, грн. $C_6 = 1630 \text{ грн/т.}$
ринкова ціна

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

K_{Π} – коефіцієнт коригування собівартості, з врахуванням точності, складності, матеріалу, маси.

$$K_{\Pi} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (2.6)$$

Для відливка 1 варіанту

$$K_1 = 1,0 \cdot [3];$$

$$K_2 = 1,42 \cdot [3];$$

$$K_3 = 1,2 \cdot [3];$$

$$K_4 = 1,13 \cdot [3];$$

$$K_5 = 1,15 \cdot [3].$$

$$K_{\Pi} = 1 \cdot 1,42 \cdot 1,2 \cdot 1,13 \cdot 1,15 = 2,214$$

Собівартість відливки першого варіанту

$$C_{\text{зарI}} = \left(\frac{40000 \cdot 1,89 \cdot 2,214}{1000} \right) - (1,89 - 1,54) \cdot \frac{3150}{1000} = 166,28 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{зарI}} = 166,28 \text{ грн.}$$

Для відливка другого варіанту

$$K_1 = 1,13 \cdot [3];$$

$$K_2 = 0,81 \cdot [3];$$

$$K_3 = 1,2 \cdot [3];$$

$$K_4 = 1,13 \cdot [3];$$

$$K_5 = 1,1 \cdot [3].$$

$$K_{\Pi} = 1,32 \cdot 0,81 \cdot 1,2 \cdot 1,13 \cdot 1,1 = 1,59$$

Собівартість відливка другого варіанту буде

$$C_{\text{зарII}} = \left(\frac{40000 \cdot 1,77 \cdot 1,59}{1000} \right) - (1,77 - 1,54) \cdot \frac{3150}{1000} = 152,16 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{зарII}} = 152,16 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{q}{Q} \quad (2.7)$$

$$\text{Для заготовки I-го варіанту } K_{\text{ВМ}} = \frac{1,54}{1,89} = 0,81;$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для заготовки II-го варіанту $K_{\text{ВМ}} = \frac{1,54}{1,77} = 0,87$.

Проводимо порівняння методів отримання заготовки у вигляді таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Порівняння методів отримання заготовок

Назва	I Варіант	II Варіант
Вид заготовки	Відливоч з ручним формуванням	Відливоч з машинним формуванням
Маса, кг	1,89	1,77
Вартість, грн.	166,28	152,16
$K_{\text{ВМ}}$	0,81	0,87

Заготовка – відливоч в піщані форми з машинним формуванням, отримуються дешевше з більшим коефіцієнтом використання матеріалу. Даний варіант отримання заготовки приймається для розробки технологічного процесу.

2.5 Розробка маршрутного технологічного процесу

Врахувавши тип виробництва, а саме середньо серійний, технічні вимоги із таблиці 1.1 та керуючись сталістю баз, суміщення баз і технологічних операцій, складаємо маршрут виготовлення деталі “Корпус”

Операція 005. Фрезерувати поверхню ①, лап в рлзмір 73, центрувати отвори ②, ③, витримавши розмір 55, свердлили отвори $\phi 6,6H12$, розвернути отвори до $\phi 7H8$.

Операція 010 Токарна з ЧПК. Підрізати торець ⑤, витримавши розмір 192,5, точити фаску 1x45, точити поверхню ⑫ $\phi 51,7$ під різьбу M52x2 на довжину 27, проточити канавку ⑭ до $\phi 48$ витримавши розмір 27 і ширину 5, розточити отвори ⑫ і ⑪ попередньо, витримавши розміри $\phi 40$ і $\phi 38$, розточити отвори ⑫ і ⑪ напівчисто, витримавши розміри $\phi 41,7$ і $\phi 39,7$, нарізати різьбу M52x2 різцем.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Операція 015 Токарна з ЧПК. Підрізати торець ④ витримавши розмір 55,5, точити поверхню $\varnothing 42$ на довжину 6, підрізати торець, точити поверхню 1,6x45, точити поверхню ⑪ $\varnothing 51,7$ на довжину 33, проточити канавку ⑧ в $\varnothing 48$, витримавши розміри 33 і $b=5$, свердлити наскрізний отвір $\varnothing 14$, розсвердлити отвір ⑨ до $\varnothing 22$, розточити отвір ⑨ до $\varnothing 24$ на довжину 48, попередньо, розточити отвір ⑨ до $\varnothing 25,5$ на довжину 48, нарізати різьбу M52x2 різцем.

Операція 020 Вертикально-свердлильна. Свердлити 2 отвори ⑮ і ⑯ під різьбу M14-6H $\varnothing 11,9$.

Операція 025 Слюсарна. Нарізати різьбу M14 в отворах ⑮ і ⑯.

Операція 030 Алмазно-розточувальна. Установ А. розточити отвір $\varnothing 42H7$ на довжину 50, розточити отвір $\varnothing 40H7$, витримавши розмір 137.

Установ Б. Розточити отвір $\varnothing 26H7$, витримавши розмір 48.

2.5.1 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення

Враховуючи конструкцію деталі, її габаритні розміри та технічні вимоги до деталі, тип виробництва, в технологічному процесі застосуємо наступне обладнання та пристосування з відповідними характеристиками.

Таблиця 2.5 – Вибір обладнання і оснастки

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Фрезерна	6P12	Пристосування фрезерне.
010	Токарна з ЧПК	16K20Ф3	3-х кулачковий патрон, самоцентрувальний.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
015	Токарна з ЧПК	16K20Ф3	3-х кулачковий патрон, самоцентрувальний.
020	Вертикально-свердлильна	2Н118	Кондуктор
025	Слюсарна	Верстак ВС-2	Прихват
030	Алмазно-розточувальна	2705 В	Пристосування

2.5.2 Визначення між операційних припусків і проміжних розмірів табличним методом.

Припуски визначаємо на точні поверхні отворів $\varnothing 42H7$; $\varnothing 40H7$; $\varnothing 26H7$.

Таблиця 2.6 – Розрахунок проміжних припусків і розмірів за таблицями

Операції і переходи	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск на діаметр (довжину), мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 42H7$ – Розточування отвору					
Заготовка	16	Rz 160	1,6		$\varnothing 37,2$
Розточування чорнове	14	Ra 25	0,62	2	$\varnothing 40$
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,16	1,7	$\varnothing 42,7$
Розточування чистове	9	Ra 3,2	0,062	0,23	$\varnothing 41,93$
Розточування тонке	7	Ra 1,25	0,025	0,07	$\varnothing 42$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6
Ø40H7 – Розточування отвору					
Заготовка	16	Rz 160	1,6		Ø30
Розточування чорнове	14	Ra 25	0,62	2	Ø38
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,16	1,7	Ø39,7
Розточування чистове	9	Ra 3,2	0,062	0,23	Ø39,93
Розточування тонке	7	Ra 1,25	0,025	0,07	Ø40
Ø26H7- Розточування отвору					
Розточування чорнове	14	Ra 25	0,52	2	Ø24
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,13	1,7	Ø25,7
Розточування чистове	9	Ra 3,2	0,052	0,23	Ø25,93
Розточування тонке	7	Ra 1,25	0,021	0,07	Ø26

2.5.3 Розроблення операційної технології

Операційну технологію потрібно розробити на одну операцію, встановити раціональну послідовність всіх основних та допоміжних переходів обробки поверхонь деталі.

Розробимо операційну технологію для операції 010 – Токарна з ЧПК. Для виконання операції прийнятий фрезерний верстат мод. 16K20Ф3.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Операція складається з переходів

1. Встановити і закріпити заготовку.
2. Підрізати торець ⑤ витримавши розмір 119,5.
3. Точити фаску 1x45
4. Точити поверхню ⑬ $\varnothing 51,7$ під нарізання різьби M52x2 на довжину 27.
5. Проточити канавку ⑭ до $\varnothing 48$, витримавши розмір 27 і b=5.
6. Розточити отвори ⑫ і ⑪ попередньо витримавши розміри $\varnothing 40$ і $\varnothing 38$.
7. Розточити отвори ⑫ і ⑪ напівчисто витримавши розмір $\varnothing 41,7$ і $\varnothing 39,7$.
8. Нарізати різьбу M52x2 різцем.
9. Зняти заготовку.
10. Контроль розмірів.

2.5.4 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

На основі аналізу попередніх пунктів та враховуючи середньосерійний тип виробництва, здійснюємо підбір необхідного інструменту для виконання технологічного процесу виготовлення деталі та оформлюємо його у вигляді таблиці.

Таблиця 2.7 — Вибір різального, допоміжного і вимірювального інструменту

Номер та назва переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
Операція 005 Фрезерна			
1. Встановити і закріпити	—	—	—
2. Фрезерувати поверхню ①	Фреза 2110-0075 ГОСТ 9304-69	Оправка 6220-004 ГОСТ 13787-68	Штангенрейсмас ШР-250 0,05
3. Центрувати отвори ② і ③	Свердло 2317-0007 ГОСТ 4010-64	Патрон 6151-0021 МН25-64	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
4. Свердли отвори (2)і(3)	Свердло 2300-0308 ГОСТ 10903-77	Патрон 6151-0021 МН25-64	Штангенцикуль ШЦ-I-125-0,1
5. Розвернути отвір (2)і(3)	Розвертка 2300-0308 ГОСТ 4010-64	Патрон 6156-0012 МН1182-65	Калібр-пробка одно стороння двохгранна
Операція 010 Токарна з ЧПК			
1. Встановити і закріпити	-	-	-
2. Підрізати торець (5)	Різець PCLNR 25 25 M12 Ty 2-035-892-82	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Штангенцикуль ШЦ-II-250-0,1
3. Точити фаску	Різець PCLNR 25 25 M12 Ty 2-035-892-82	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Шаблон фасонний
4. Точити поверхню (12)	Різець PCLNR 25 25 M12 Ty 2-035-892-82	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Штангенцикуль ШЦ-II-250-0,1
5. Проточити канавку (14)	Різець 035-2126- 1811 ОСТ2И10-п-84	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Штангенцикуль ШЦ-II-250-0,1 Шаблон фасонний
6. Розточити отвори (12)і(10)	Різець К.01.4983.000-06 Ty 2-035-104-86	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Штангенцикуль ШЦ-II-250-0,1
7. Розточити отвори (12)і(10) на чисто	Різець К.01.4983.000-06 Ty 2-035-104-86	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Штангенцикуль ШЦ-II-250-0,1
8. Нарізати різьбу	Різець 035-2159- 0543 ОСТ 2И10-9- 84	Різцетримач 191711006 Ty 2-024-5539-81	Калібр кільце різбовий

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
Операція 015 Токарна з ЧПК			
1. Встановити і закріпити	-	-	-
2. Підрізати торець	Різець PCLNR 2525M12 Ty2-035-892-82	Різцетримач 191711006 Ty-024-5539-81	ШЦ-II-250-0,1
3. Точити поверхню $\varnothing 42$ на довжину 6	Різець PCLNR 2525M12 Ty2-035-892-82	Різцетримач 198711006 Ty-025-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
4. Підрізати торець	Різець PCLNR 2525M12 Ty2-035-892-82	Різцетримач 191781006 Ty-025-5539-81	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1
5. Точити фаску	Різець PCLNR 2525M12 Ty2-035-892-82	Різцетримач 191711806 Ty-025-5539-81	Шаблон фасонний
6. Точити поверхню ⁽¹⁷⁾ $\varnothing 51,7$	Різець PCLNR 2525M12 Ty2-035-892-82	Різцетримач 191711806 Ty-025-5539-81	Калібр-пробка одно стороння двохгранна

2.5.5 Розрахунок режимів різання табличним методом

Відповідно до завдання, слід виконати розрахунок режимів різання табличним методом для трьох операцій, при цьому детально розрахувати один технологічний перехід. Усі параметри режимів різання потрібно звести в таблицю.

Розрахуємо режими різання для операції 015 – токарна з ЧПК, перехід 02 – точити торець⁽⁴⁾, витримуючи розмір 55,5мм.

Для обробки вибрано прохідний контурний різець PCLNR 25 25 M12 Ty 2-035-892-82,

Режими різання вибираємо табличним методом для кожного переходу.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Результати розрахунків заводимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця режимів різання

Зміст та номер переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S _о , мм/об	п, об/хв	v, м/хв	S _{хв} , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 005 Фрезерна										
1. Фрезерувати поверхню (1)	2	108	1	180	0,0027	125	38	63	1,71	1,1
2. Центрувати отвори (2) _i (3)	2	5	1	15	0,05	1250	10		0,08	0,1
3. Свердлити отвори (2) _i (3)	3,3	11	1	25	0,10	800	17,7		0,14	1,4
4. Розвернути отвори (2) _i (3)	0,2	15	1	25	0,7	500	10,6		0,04	0,2
Операція 010 Токарна з ЧПК										
1. Підрізати торець (5)	3	35	1	60	0,4	630	150		0,14	2,1
2. Точити фаску	2x45	2	1	60	0,8	630	150		0,01	0,2
3. Точити поверхню (13)	4	60	1	60	0,8	630	150		0,12	3,1
4. Проточити канавку	b=5	2	1	60	0,15	315	51		0,04	0,7

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5.Розточити отвори ⁽¹²⁾ _i ⁽¹⁰⁾	1,5	50	3	60	0,25	800	120		0,75	2,1
6. Розточити отвори ⁽¹²⁾ _i ⁽¹⁰⁾ начисто	0,5	140	6	60	0,25	1000	150		0,56	1,8
7. Нарізати різьбу	0,5	30	6	60	2,0	1000	174		0,9	0,6
Операція 015 Токарна з ЧПК										
1. Підрізати торець ⁽⁴⁾	3	31	1	60	0,4	630	150		0,12	3,2
2. Точити поверхню Ø42	2	6	1	60	0,8	630	150		0,01	1,1
3. Підрізати торець	2,5	15	1	60	0,8	630	150		0,03	2,1
4. Точити фаску	2x45	2	1	60	0,8	630	150		0,01	0,3
5. Точити поверхню ⁽¹⁷⁾ Ø51,7	3	27	1	60	0,8	630	150		0,05	3,2
6. Проточити канавку	b=5	2	1	60	0,15	315	51		0,04	0,3
7. Свердлити отвір Ø14	7	70	1	45	0,20	630	27,5		0,56	3,1
8. Розсвердлити отвір Ø22	4	50	1	50	0,6	315	24,5		0,26	0,7

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9. Розточити отвір ø24	1	58	1	60	0,50	1000	9,4		0,11	0,5
10. Розточити отвір ø25,7	0,8	58	1	60	0,25	1250	120		0,11	0,3
11. Нарізати різьбу M52x2		35	6	60	2,0	1000	17,4		1,1	0,1
Операція 020 Вертикально-свердлильна										
1. Свердлити отвір ø11,9H7		10	1	45	0,20	630	27,5		0,08	1,3
Операція 030 Алмазно-розточувальна										
1. Розточувальна отвору ø25,93H9	0,87	50	1	60	0,12	2000	150		0,21	
2. Розточувальна отвору ø26H7	0,04	50	1	60	0,06	2500	200		0,33	
3. Розточити отвір ø41,93H9	0,87	52	1	60	0,12	1250	150		0,35	
4. Розточити отворі ø42H7	0,04	52	16 0	60	0,06	1630	200		0,53	
5. Розточити отвір ø39,93H9	0,87	87	1	60	0,12	1250	150		0,58	
6. Розточити отвір ø40H7	0,04	87	1	60	0,06	1630	200		0,89	

2.5.6 Розрахунок технічних норм часу

Відповідно до завдання потрібно встановити норми часу для однієї операції, розробленої в п.2.6. Це операція 010 – токарна з ЧПК.

$$T_{шт} = (T_{п.а.} + T_{д.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{т.о.} + a_{обс.} + a_{відп.}}{100}\right) \quad (2.15)$$

де $T_{п.а.}$ – час автоматичної роботи верстату по програмі,

$T_{д.}$ – допоміжний час;

$a_{т.о.} + a_{обс.} + a_{відп.}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця і час на відпочинок.

Час по програмі визначається

$$T_{п.а.} = T_o + T_{х.р.} + T_{з.і.} \quad (2.16)$$

де $T_o = 2,52\text{хв.}$ – основний час на переходах;

$T_{х.р.}$ – рух на прискореній подачі і складається з поздовжніх рухів (вісь Z) з швидкістю 10000 мм/хв та поперечних переміщень (по осі X) відповідно з швидкістю 5000 мм/хв.

Переміщення по вісі Z=29+53+53+30+49+82+68+90+50+89=593мм.

$$T_{х.р.} = \frac{593}{10000} = 0,06\text{хв.}$$

Переміщення по осі X =58+6,3+47,4+100+95+23,1+2+23,6+47,7+45+58,5=506,6мм.

$$T_{х.р.} = \frac{506,6}{5000} = 0,1\text{хв.}$$

$T_{з.і.} = 0,024 \cdot 5 = 0,12\text{хв.}$ – час автоматичної зміни інструментів

Тоді $T_{п.а.} = 2,52 + 0,06 + 0,1 + 0,12 = 2,8\text{хв.}$

Допоміжний час

$$T_{д.} = T_y + T_o + T_b \quad (2.17)$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

де $T_y = 0,16$ хв. час на встановлення, подачу до упора і закріплення заготовки

[9] С.53 карта 3;

$T_o = 0,35$ хв. – час пов’язаний з виконанням операції [9] С.79 карта 14;

T_b – час на вимірювання;

Розміри:

$\varnothing 41,7 - 0,075$ хв. [9] С.81 карта 15;

$\varnothing 39,7 - 0,13$ хв. [9] С.86 карта 15;

$\varnothing 48 - 0,06$ хв. [9] С.84 карта 15;

$27 - 0,12$ хв. [9] С.81 карта 15;

$M50 \times 2 - 7g - 0,25$ хв. [3] С.88 карта 15;

$b=5 - 0,05$ хв. [9] С.80 карта 15;

$1,6 \times 45^\circ - 0,05 \times 2 = 0,1$ хв. [9] С.80 карта 15

Контроль 25%.

Тоді $T_b = 0,685 \times 0,25 = 0,17$ хв.

Час, що перекривається часом автоматичним, тому не враховується.

$T_d = 0,16 + 0,35 = 0,51$ хв.

Оперативний час складає

$$T_{оп} = T_{п.а.} + T_d. \quad (2.18)$$

$T_{оп} = 2,8 + 0,51 = 3,31$ хв.

Штучний час на виконання операції буде

$$T_{шт} = (3,31) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 3,58 \text{хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу на налагодження і настроювання верстату

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр.} \quad (2.19)$$

де: $T_{пз1} = 4 + 9 + 2 + 2 = 17$ хв. – норма на організаційну підготовку при налагодженні верстату [9] С.96 карта 21

$T_{пз2} = 2,5 + 0,15 \times 4 + 3 + 0,5 \times 6 + 2 \times 6 = 21,1$ хв. – норма на налагодження верстату, пристосування інструменту і ПЧПК [9] С.96 карта 21

$T_{пр.обр.} = 14,3$ хв. – норма на виготовлення пробної деталі [9] С.104 карта 28

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Тоді $T_{пз} = 17 + 21,1 + 14,3 = 52,4 \text{ хв.}$

Норма часу на виготовлення деталі складе

$$H = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.20)$$

$$T_{Пр.обр.} = 3,58 \frac{52,4}{43}$$

Решту результати розрахунків зводимо у таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Норми часу на операціях, хв.

Номер і назва операції	T_o	$T_{п.з.}$	T_d	$T_{оп}$	$a_{т.о.} + a_{обс.} + a_{відп.}$	$T_{шт}$	$T_{п.з.}$	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005 Фрезерна	1,97	-	1,43	3,4	7,5	3,66	25	4,24
010 Токарна з ЧПК	2,52	2,8	0,51	3,31	8	3,58	52,4	4,8
015 Токарна з ЧПК	2,4	2,67	0,51	3,18	8	3,43	52,4	4,65
020 Вертикально-свердлильна	0,08	-	0,44	0,52	4+4	0,56	20	1,03
025 Слюсарна								2,4
030 Алмазно-розточувальна	2,89	-	6,16	9,05	8,5	9,82	62	11,26

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок кінематики приводу подач

Насамперед визначимо максимальні та мінімальні частоти обертання відповідно до формули:

$$n_i = \frac{S_i}{\kappa \cdot t},$$

де S_i – відповідно максимальні та мінімальні значення подач при обробці чавуну СЧ20 з НВ190, мм/хв;

κ – кількість заходів гвинтаподачі;

t – величина кроку різі гвинта подачі.

Отже,

$$n_{\max} = \frac{S_{\max}}{\kappa \cdot t} = \frac{212}{1 \cdot 8} = 27 \text{ об / хв};$$

$$n_{\min} = \frac{S_{\min}}{\kappa \cdot t} = \frac{67,9}{1 \cdot 8} = 8,2 \text{ об / хв};$$

Врахувавши основи відображення ряду числа ступеней відповідно до закону геометричної прогресії розрахуємо діапазон регулювання приводу подач:

$$K_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \varphi^{z-1}$$

На основі цього,

$$K_n = \frac{27}{8,2} = 3,3$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Конструкторська частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н	36	26
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

Врахувавши діапазон регулювання визначаємо число ступеней z :

$$z = \frac{\lg K_n}{\lg \varphi} + 1$$

$$z = \frac{\lg 3,3}{\lg 1,12} + 1 \approx 12$$

Отримавши кількість ступеней z запишемо структурну формулу, яка набуде загального вигляду:

$$Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3),$$

де P_1, P_2, P_3 , - величина числа групи, що вказує на кількість передач в кожній окремі групі;

X_1, X_2, X_3 , - характеристики цих груп.

З метою забезпечення мінімізації габаритів коробки подач використаємо умову оптимальності:

$$1) P_1 > P_2 > P_3;$$

$$2) X_1 < X_2 < X_3.$$

Структурна формула набуде вигляду:

$$Z = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 2_{(6)}$$

Враховуючи вище зазначене, побудуємо структурну сітку приводу подач

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

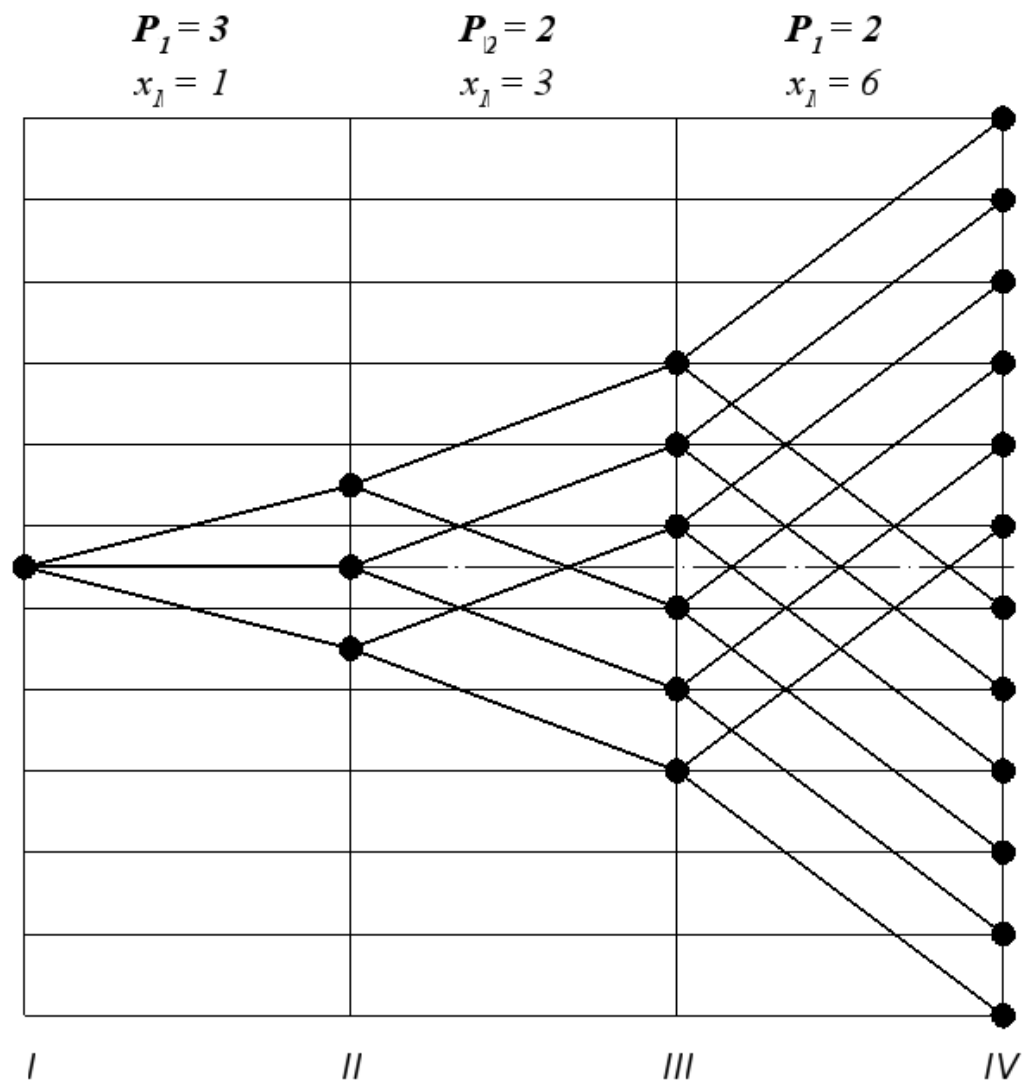


Рисунок 3.1 – Структурна сітка приводу подач

Враховуючи виже зазначені режими різання при різних операцій та обробці різноманітних матеріалів виберемо найменше значення подачі. При обробці сірого чавуну $S_1 = S_{min} = 0,05$. Подано оптимальну структурну формулу:

$$Z = 12 = 3(1) \cdot 2(3) \cdot 2(6);$$

Далі проводимо аналіз на щодо меж діапазону регулювання подач.

$$X_{\max} = X_3 = \frac{\lg 14}{\lg 1,12} \leq 23,$$

Позаяк $X_3 = X_{\max} \leq 23$, отримання графіка чисел подач за нормальною структурою забезпечується. Визначимо передаточне відношення в цілому:

$$U_{заг} = \frac{U_1}{U_{ел.дв}};$$

$$U_{заг} = \frac{8,2}{1500} = \frac{1}{182};$$

Робимо загальне передаточне відношення на складові:

$$U_1 > U_2 > U_3 > U_4;$$

Отже,

$$U_{заг} = \frac{1}{U_1} \cdot \frac{1}{U_2} \cdot \frac{1}{U_3} \cdot \frac{1}{U_4};$$

$$\frac{1}{182} = \frac{1}{2,66} \cdot \frac{1}{3,55} \cdot \frac{1}{3,98} \cdot \frac{1}{4,73}$$

Аналізуємо кожну групу передач, а саме, яку кількість клітинок на графіку має перетинати промінь клинопасової передачі в кожній групі:

а) одинична передача;

$$\frac{1}{2,66} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=2$$

б) основна група;

$$\frac{1}{3,55} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=3$$

в) перша переборна група;

$$\frac{1}{3,98} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=3$$

г) друга переборна група

$$\frac{1}{4,73} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=4$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Побудуємо графік чисел подач із зазначенням їх значень

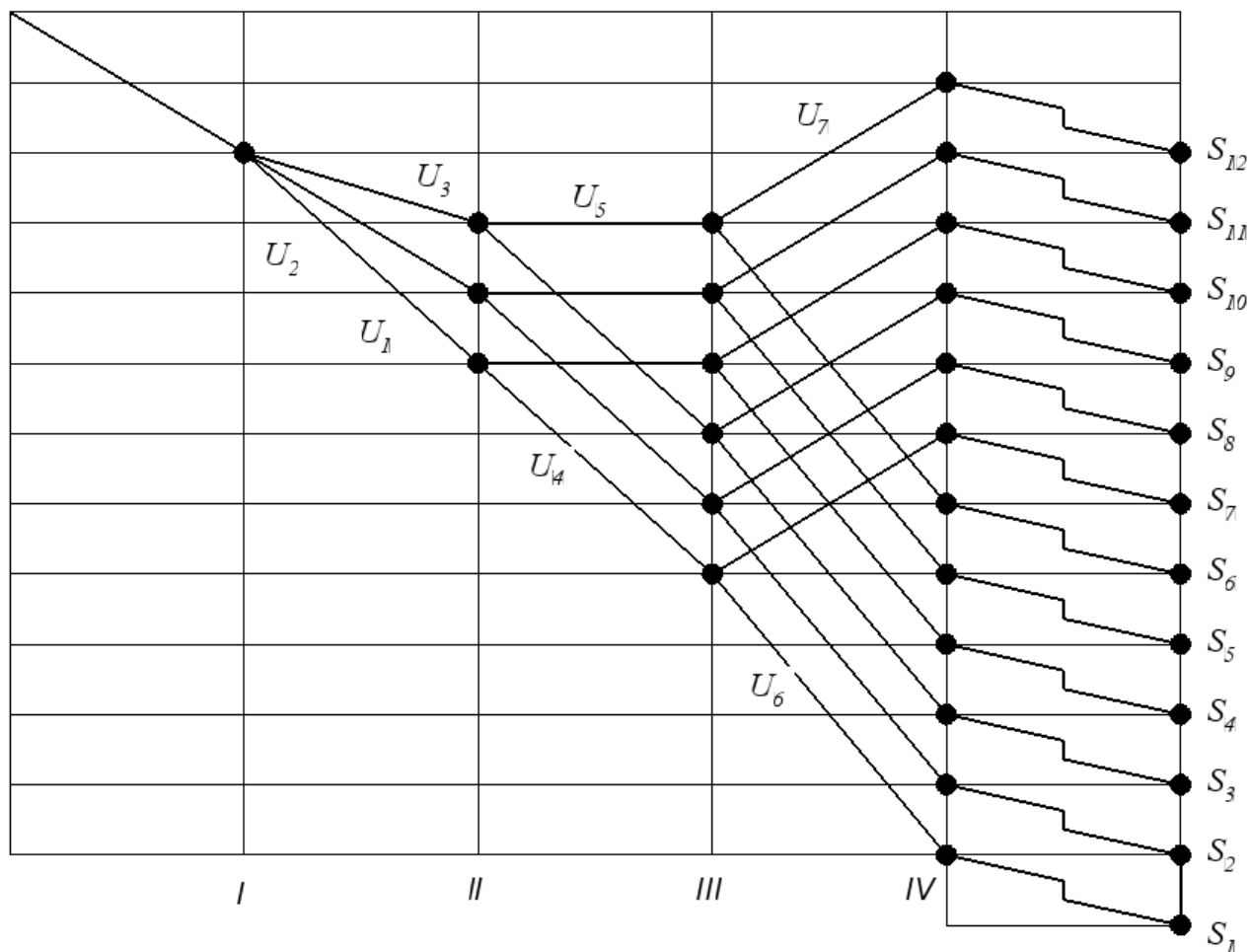


Рисунок 3.2 – Графік чисел приводу подач

Проводимо визначення передаточних відношень та чисел зубів коліс зубчатих передач. Відповідно до графіку чисел подач можемо визначити їх передаточні відношення для окремих пар коліс. З графіку чисел подач на рисунку 3.2 отримаємо:

$$U_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,12^3} = \frac{1}{3};$$

$$U_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,12^2} = \frac{1}{2};$$

$$U_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,12} = \frac{1}{1,12};$$

$$U_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,12^3} = \frac{1}{3};$$

$$U_5 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,12^0} = 1;$$

$$U_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,12^4} = \frac{1}{4};$$

$$U_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \varphi^2 = 1,12^2 = 2;$$

Отримавши певні значення передаточних відношень по кожній групі можна визначаємо кількість пар зубчастих коліс приводу подач. Для цього стверджуємо що модуль зубчастих коліс в групі однаковий, а між осьова відстань між валами величина постійна.

Врахувавши таку умову, запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 z_6 = \sum z \\ \frac{z_1}{z_2} = U_1; \frac{z_3}{z_4} = U_2; \frac{z_5}{z_6} = U_3 \end{cases}$$

З цього,

$$\begin{cases} \frac{z_1}{z_2} = U_1 \\ z_1 + z_2 = \sum z \end{cases}$$

Приймаємо $z_1=18$ та знаходимо $z_2=18/U_1$, а $\sum z=18(1+1/U_1)$.

Тепер рівняння пари в групі:

$$\begin{cases} \frac{z_3}{z_4} = U_2 \\ z_3 + z_4 = \sum z \end{cases}$$

Отримаємо:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$z_3 = \frac{\sum z \cdot U_2}{1 + U_2} = 18 \cdot U_2 \frac{1 + U_1}{(1 + U_2)U_1};$$

а
$$z_4 = 18 \cdot \frac{1 + U_1}{(1 + U_2)U_1};$$

На основі цього прийmemo $z_{\min}=18$, та знадемо для основної групи:

$$\sum z_{\min} = 18 \frac{U_1 + 1}{U_1} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{3} + 1 \right)}{\frac{1}{3}} = 72.$$

Згідно таблиці [4] отримаємо, що при мінімальному числі зубів $\sum z=72$ забезпечуються передаточні числа:

$$U_1=1/3; \quad U_2=1/2; \quad U_3=1/1,12,$$

та відповідають значення чисел зубів:

$$z_1=18 \quad z_2=54$$

$$z_3=24 \quad z_4=48$$

$$z_5=34 \quad z_6=38$$

По аналогії знаходили інші числа зубів решти переборних груп.

Перша група:

$$\sum z = 18 \frac{U_4 + 1}{U_4} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{3} + 1 \right)}{\frac{1}{3}} = 72.$$

Тепер,

$$U_4=1/3 \quad z_7=18 \quad z_8=54$$

$$U_5=1 \quad z_9=36 \quad z_{10}=36$$

Друга група:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum Z = 18 \frac{U_6 + 1}{U_6} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{4} + 1 \right)}{\frac{1}{4}} = 90.$$

Тепер,

$$U_6 = 1/4$$

$$z_{11} = 18$$

$$z_{12} = 72$$

$$U_7 = 1$$

$$z_{13} = 60$$

$$z_{14} = 30$$

Відповідно з цих умов, побудуємо кінематичну схему коробки подач.

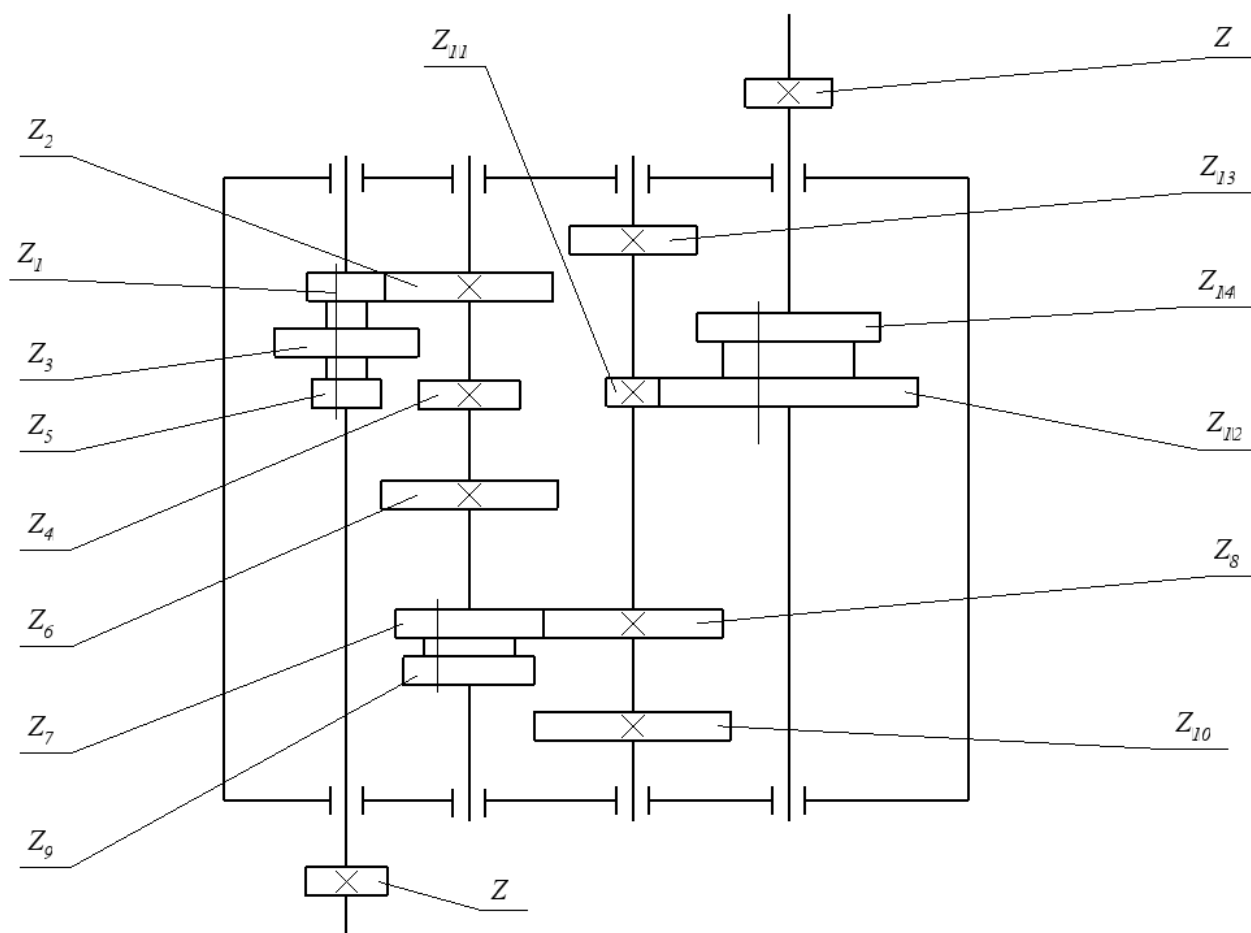


Рисунок 3.3 – Кінематична схема коробки подач

3.2 Вибір типу та потужності двигуна

Позаяк швидке переміщення свердлильної головки верстата забезпечується від окремого електродвигуна, то необхідно забезпечити його розрахунок та вибір. Потужність електродвигуна розрахуємо за формулою:

$$N_{\partial} = \frac{N_{ef}}{\eta},$$

де N_{ef} – ефективна потужність;

η – коефіцієнт корисної дії передачі передачі, яка передає рух від джерела до робочого органу.

Ефективну потужність:

$$N_{ef} = \frac{P_0 \cdot V}{1000 \cdot 60};$$

де P_0 – осьове зусилля різання;

V_1 – швидкість переміщення свердлильної головки;

Отже,

$$N_{\partial} = \frac{1,5}{0,95} = 1,6 \text{ кВт}$$

Згідно значення потужності виберемо електродвигун типу 4АХС83В6. Технічну характеристику для нього в таблицю.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика двигуна 4АХС83В6.

Характеристика	Значення
Потужність, кВт	1,8
Ковзання, %	11
ККД, %	75
$\cos \alpha$	0,83
$I_H/I_{ном}$	5
$M_H/M_{ном}$	2
$M_{max}/M_{ном}$	1,7
$M_{min}/M_{ном}$	2,3

Розрахунковий крутний момент на валах:

$$T_{об} = \frac{P_t \cdot t_2 \cdot U_2}{2000 \cdot \pi \eta}, \quad)$$

де P_m – тягове зусилля приводу;

t – крок ходового гвинта приводу;

U – передаточне відношення ;

η – коефіцієнт корисної дії тягового пристрою.

Тягове зусилля розраховуємо за формулою:

$$P_m = P_0 + \mu \frac{2000 \cdot T_{об.шп}}{d_{шп}}$$

де P_0 – осьове зусилля різання при свердлінні;

$T_{об.шп}$ – крутний момент на шпинделі свердлильного верстату при максимальній подачі;

$d_{шп}$ – діаметр шпинделя (середній);

μ – коефіцієнт тертя.

Осьову зусилля різання визначимо за формулою:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^g S_0^{yp} \cdot K_p;$$

$$C_p = 68; \quad g_p = 1; \quad y_p = 0,7; \quad [3, \text{ст.281}]$$

$$K_m = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,75} = 1$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 18,5^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 4025 \text{ Н}.$$

де η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,92$;

n – частота обертання шпинделя верстата.

Тоді,

$$T_{об.шп} = \frac{11 \cdot 0,92}{63} \cdot 9550 = 1534 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

З цього випливає, що тягове зусилля:

$$P_T = 4085 + 0,15 \frac{2000 \cdot 1534}{25} = 22433 \text{ Н}$$

Крутний момент на першому валу:

$$T_{об1} = \frac{22433 \cdot 8(1,12 + 1 \cdot 2 \cdot 1,3)}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,72} = 324 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на другому валу:

$$T_{об2} = T_{об1} \cdot U = 324 \cdot 1,3 = 421 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на третьому валу:

$$T_{об3} = T_{об2} \cdot U = 421 \cdot 1,3 = 547 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на четвертому валу:

$$T_{об4} = T_{об3} \cdot U = 547 \cdot 1,3 = 711 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.3 Конструювання та розрахунок коробки подач

3.3.1 Опис принцип роботи та конструкції коробки подач

Коробка подач передає свердлильний головці 12 різних подач, шляхом трійних блоків.

Привід робочої частини здійснюється від вала V коробки швидкостей. Швидкі переміщення свердлильна головка одержує від електродвигуна N_2 , через конічну пару шестерень поз. 17, має одну швидкість переміщення рівну 3 м/с.

3.3.2 Конструктивний розрахунок коробки подач

Визначаємо модуль зачеплення для вхідного валу.

Вхідна група передач складається з двох пар зубчастих коліс з такими числами зубів: $Z_{11} = 18$, $Z_{12} = 72$, $Z_{13} = 60$, $Z_{14} = 30$.

Передаточні числа для цих пар передач складають: $72/18 = 4$; $60/30 = 2$.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Розрахунок будемо проводити для передачі з більшим передаточним відношенням, яке дорівнює $U = 4$. Розрахунковий момент $T_{об} = 711 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Тепер визначимо модуль передачі, орієнтуючись на умови міцності на згин.

$$Ш_n = 12,6 \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_n}{y \cdot z_k \cdot \varphi_m [\sigma]_n}},$$

Значення „ y ” згідно відповідно до [4] для $Z_k=72$, $y=0,285$.

$$\varphi_m = \frac{6}{m}.$$

Приймаємо $\varphi_m=6$. Коефіцієнт перевантаження розрахуємо за формулою:

$$K_n = K_H \cdot K_{d.n} \cdot K_{н.р.н.}$$

Приймаємо рівний характер руху згідно [4, ст.7] знаходимо $K_H=1$. Для 6 ступеня точності і орієнтовної швидкості 5 м/с , відповідно [4, ст.7] $K_{d.n}=1,1$.

Коефіцієнт $K_{н.р.н.}$ відповідно до [4, ст.8] для жорсткого валу при $\frac{\varphi_m}{z} = \frac{6}{72} < 0,2$

$$K_{н.р.н.} = 1.$$

Визначаємо коефіцієнт перевантаження:

$$K_n = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,1$$

$[\sigma]_n$ - знаходимо задавшись матеріалом і термообробкою коліс.

Вибираємо зубчасті колеса – сталь 40Х, гартуванням СВЧ до твердості HRC.

Для шестерні HRC 55...58, для колеса HRC 50...55. Згідно таблиці 6 [4, ст.9].
 $\sigma_{н.д} = 240 \text{ МПа}$.

При чистовому шліфуванні $K_{шл} = 1,05$ [4, ст.10].

Коефіцієнт режиму роботи $K_{н.реж} = 1,4$ [4].

$$\text{Звідси, } [\sigma]_n = 240 \cdot 1,05 \cdot 1,4 = 350 \text{ МПа}$$

Тепер,

$$Ш_n = 12,6 \sqrt[3]{\frac{711 \cdot 1,1}{0,285 \cdot 72 \cdot 6 \cdot 350}} = 3,3 \text{ мм}.$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Вибираємо стандартний модуль $m_n=3,5\text{мм.}$ модулі передач виходячи з умови міцності на згин для інших визначається аналогічно.

Отже,

на валу три при $Z_k=54$; $III_n=3,5\text{мм.}$

на валу два при $Z_k=48$; $III_n=3,5\text{мм.}$

на валу I при $Z_k=54$; $III_n=3,25\text{мм.}$

Розраховуємо міжосьові відстані виходячи з умови поверхневої міцності за формулою:

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

Величина $[\sigma]_{нов} = \sigma_{к.д.} \cdot K_{к.реж.}$

Згідно [5] $\sigma_{к.д.} = 750\text{МПа.}$ Коефіцієнт $K_{к.реж.}$ знаходимо за формулою:

$$K_{к.реж} = K_Q \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_0 \cdot P}{60 \cdot T_p n_p}};$$

$K_N=1,7$, $K_Q=1,2$, $P_n=2$.

Для $T_p=10000\text{год.}$

$$K_{к.реж} = 1,26 \sqrt[6]{\frac{1,7 \cdot 108 \cdot 2}{60 \cdot 10^4 \cdot 63}} = 1,68$$

$[\sigma]_{нов} = 900 \cdot 1,68 = 1512\text{МПа}$

Визначимо $A_{розр.}$:

$$A_{розр} = 10(4 + 1)^3 \sqrt{\left(\frac{332}{U \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{711}{0,15}} = 135\text{мм.}$$

Визначимо величину між осьової відстані при $m_n=3,5$.

$$A = \frac{III(z_{11} + z_{12})}{2} = \frac{3,5(18 + 72)}{2} = 157\text{мм}$$

Позаяк $A > A_{розр.}$, то вибране значення модуля безпечно забезпечує працездатність передач по міцності на згин і контактній міцності.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Міжосьову відстань між валами три та чотири приймаємо по стандарту $A=160\text{мм}$.

Розрахуємо міжосьову відстань валами III і II.

$$A_p = 90(1+1)^3 \sqrt{\left(\frac{332}{1 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{547}{0,15}} = 124\text{мм}.$$

Розрахуємо між осьову відстань, отриману при $t_{n.3}=3,5$.

$$A = \frac{m(z_9 + z_{10})}{2} = \frac{3,5(36 + 36)}{2} = 126\text{мм}.$$

Позаяк $A > A_p$, то вибраний модуль забезпечить працездатність передачі. Приймаємо $A=135\text{мм}$.

Розрахуємо між осьову відстань між II і I:

$$A_p = 10(2+1)^3 \sqrt{\left(\frac{332}{2 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{421}{0,15}} = 105\text{мм}.$$

Розрахуємо між осьову відстань, отриману при $t_n=3,25\text{мм}$.

$$A = \frac{III_n(z_{10} + z_{11})}{2} = \frac{3,25(24 + 48)}{2} = 117\text{мм}.$$

Позпаяк $A > A_p$, то вибраний модуль забезпечує необхідну працездатність передачі: $A=120\text{мм}$.

3.3.3 Силовий розрахунок приводу подач верстата

3.3.3.1 Попередній розрахунок вала коробки подач

Виберемо матеріал для виготовлення валів, Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, $[\tau]_{kp}=45\text{МПа}$.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

За формулою розрахуємо діаметр вихідного вала приводу (коробки подачі), для якого $T_{об4}=711Н\cdot м$.

Тепер,

$$d_{\epsilon} = 10^3 \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]_{кр}}};$$

$$d_{\epsilon} = 10^3 \sqrt[3]{\frac{711}{0,2 \cdot 45}} = 42 мм$$

Вибираємо $d_{\epsilon}=45мм$, в місцях посадки зубчастих коліс. Діаметр в місцях посадки підшипників $d=35мм$. По аналогії визначаємо, діаметри решти валів, позаяк крутні моменти на них:

$T_{об3}=547Н\cdot м$, $T_{об2}=421Н\cdot м$, $T_{об1}=324Н\cdot м$, то приймемо різні $[\tau]_{кр}$.

Тепер,

$$d_{\epsilon3} = 10^3 \sqrt[3]{\frac{541}{0,2 \cdot 35}} = 30 мм.$$

Вибираємо $d_{\epsilon3}=30мм$, в місцях посадки зубчастих коліс. Діаметр в місцях посадки підшипників $d_{н}=20мм$.

$$d_{\epsilon2} = 10^3 \sqrt[3]{\frac{421}{0,2 \cdot 30}} = 30 мм.$$

Вибираємо $d_{\epsilon2}=30мм$, в місцях посадки коліс. Діаметр в місцях посадки підшипників $d_{н}=20мм$.

$$d_{\epsilon1} = 10^3 \sqrt[3]{\frac{324}{0,2 \cdot 35}} = 25 мм.$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Вибираємо $d_{e1}=25\text{мм}$ в місцях посадки коліс. Діаметри в місцях посадки підшипників $d_{\mu}=15\text{мм}$.

3.3.3.2 Уточнюваний розрахунок вихідного вала

Розрахуємо сили, що діють в зачепленні:

$$F_t = \frac{2T}{d};$$

З цього:

$$d_1 = m \cdot z = 3,5 \cdot 72 = 252\text{мм};$$

$$d_2 = m \cdot z = 3,5 \cdot 18 = 63\text{мм}.$$

Тепер,

$$F_{t1} = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \cdot 711 \cdot 10^3}{252} = 5643\text{Н};$$

$$F_{t2} = \frac{2T}{d_2} = \frac{2 \cdot 711 \cdot 10^3}{63} = 22571\text{Н}.$$

$$F_{a1} = 0;$$

$$F_{a2} = 0;$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 5643 \cdot 0,364 = 2054\text{Н}$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 22571 \cdot 0,364 = 8215\text{Н}.$$

Розрахуємо реакції в опорах та побудуємо епюри моментів.

У вертикальній площині:

$$\sum M_{AY} = 0$$

$$F_{r1} \cdot 180 - B_y \cdot 380 - F_{r2} \cdot 600 = 0$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$B_y = \frac{F_{r1} \cdot 180 - F_{r2} \cdot 600}{380} = \frac{2054 \cdot 180 - 8215 \cdot 600}{380} = 20724 \text{ Н}$$

Розрахуємо A_y використавши $\Sigma Y=0$

$$A_y + F_{r1} + B_y - F_{r2} = 0$$

$$-A_y = F_{r1} + B_y - F_{r2} = 2054 - 20724 - 8215 = 14563 \text{ Н.}$$

З цього, змінивши напрям реакції, отримаємо $A_y = 14463 \text{ Н.}$

У горизонтальній площині:

$$\Sigma M_{AX} = 0$$

$$F_{t1} \cdot 180 - B_x \cdot 220 - F_{t2} \cdot 600 = 0$$

$$-B_x = \frac{F_{t1} \cdot 180 - F_{t2} \cdot 600}{380} = \frac{5043 \cdot 180 - 22581 \cdot 600}{380} = 57431 \text{ Н}$$

Визначимо A_x використавши $\Sigma A_X=0$

$$-A_x + F_{t1} + B_x - F_{t2} = 0$$

$$A_x = F_{t1} + B_x - F_{t2} = 5043 - 57431 - 22571 = -29817 \text{ Н.}$$

Змінивши напрям реакції, отримаємо $A_x = 29817 \text{ Н.}$

Розрахуємо сумарний згинний момент в т. С:

$$M_{32}^c = \sqrt{(M_{32}^{c.6})^2 + (M_{32}^{c.2})^2};$$

$$M_{32}^{c.6} = B_y \cdot 220 = 20724 \cdot 220 = 4559280 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{32}^{c.2} = B_x \cdot 220 = 57431 \cdot 200 = 12634820 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Я результат, згинний момент в т. С:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$M_{32}^c = \sqrt{4559280^2 + 12634820^2} = 1303 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

Розрахуємо сумарний згинний момент в т. Д:

$$M_{32}^D = \sqrt{(M_{32}^{D.6})^2 + (M_{32}^{D.2})^2},$$

$$M_{32}^{D.6} = A_y \cdot 180 = 14563 \cdot 180 = 2621340 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{32}^{D.2} = A_x \cdot 180 = 29817 \cdot 180 = 5367060 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

Як результат, згинний момент в т. Д:

$$M_{32}^D = \sqrt{2621340^2 + 5367060^2} = 589 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Розрахуємо приведений згинний момент згідно формули:

$$M_{кр} = \sqrt{(M_{32}^c)^2 + (\alpha \cdot T_{об})^2} = \sqrt{(1303)^2 + (0,54 \cdot 711)^2} = 13036,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала згідно залежності:

$$d = 10^3 \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,1[\sigma]_{32}}};$$

де $[\sigma]_{32}$ -допустиме напруження на згин, $[\sigma]_{3Г}=670\text{МПа}$.

Тепер,

$$d = 10^3 \sqrt[3]{\frac{13036,7}{0,1 \cdot 660}} = 10 \cdot 4,7 = 47 \text{ мм};$$

За отриманими даними побудуємо епюри згинних моментів

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

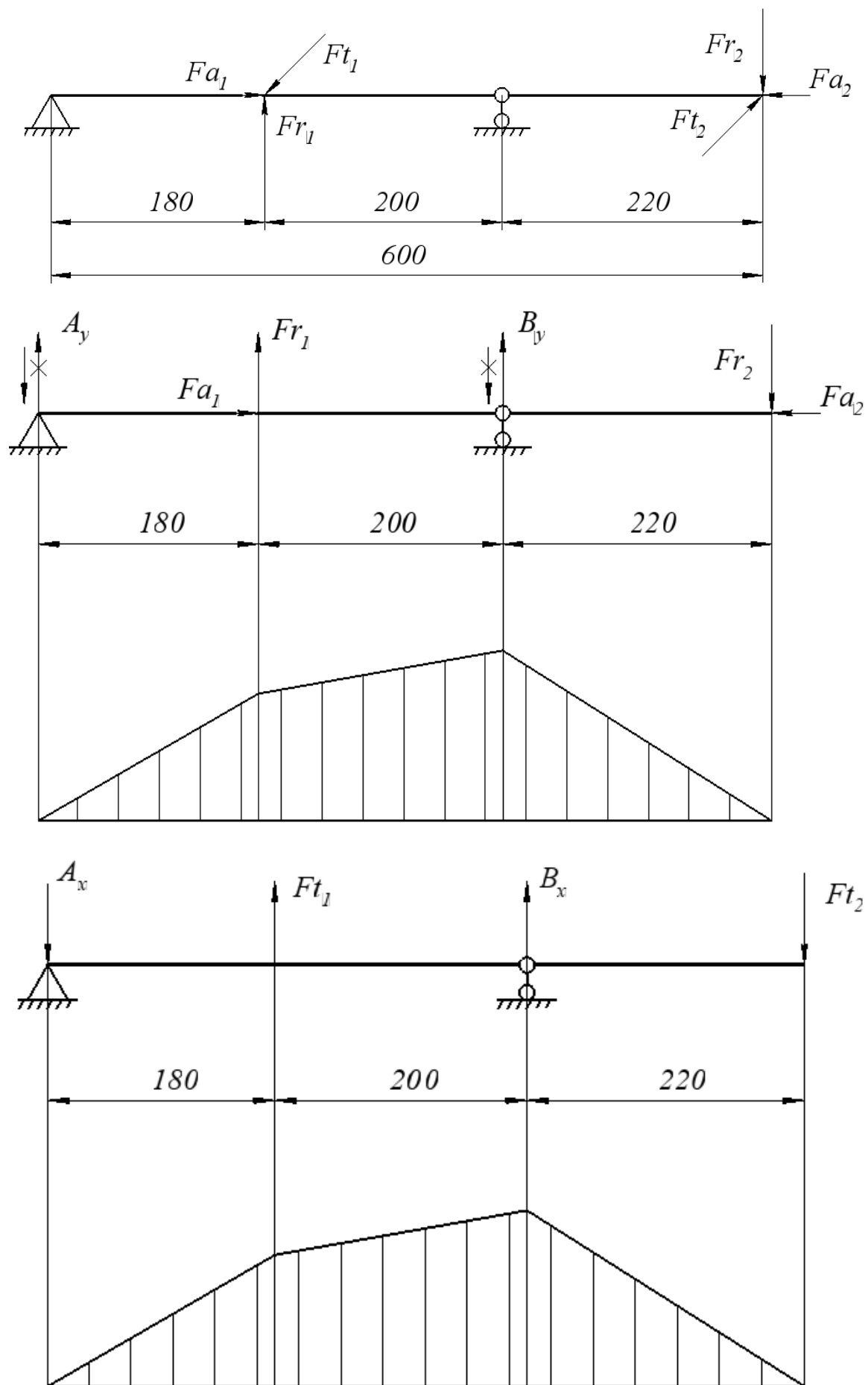


Рисунок 3.8 – Епюри згинних моментів

3.4 Конструювання та розрахунок передачі гвинт-гайк ковзання

3.4.1 Опис конструкції передачі гвинт-гайка ковзання

Гвинт подачі встановлюється в спеціальний кронштейн поз. 8, який закріплюється у верхній частині направляючих колони. Його шліцева частина з'єднується з порожнистим шліцевим валом механізму подачі, а різьбова частина загвинчується в ходову гайку поз. 2, що зафіксована у верхній частині корпусу свердлильної головки. Під час обертання гвинт забезпечує переміщення свердлильної головки.

3.4.2 Розрахунок передачі гвинт-гайка ковзання

Розрахунок передачі гвинт-гайка здійснюватимемо на основі умови зносостійкості, враховуючи обмеження питомих навантажень на робочих поверхнях гайки. Для цього використаємо формулу для розрахунку середнього тиску:

$$P = \frac{Q}{\pi d H \frac{Lz}{t}} \leq [P],$$

де Q – значення тягового зусилля, H ;

d – середній діаметр різі, $мм$;

H – робоча висота профілю різі

$$H = 0,5 \frac{t}{z}$$

L – довжина гайки, $мм$, $L = \lambda d$, ($\lambda = 1,5 \div 4$);

t – величина крок різі, $мм$;

z – кількість заходів різі;

$[P]$ – допустимий тиск.

Тягове зусилля визначимо за відомою формулою:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$Q = P_o + \mu \frac{2000 T_{об.шп.}}{d_{шп.}}, \quad)$$

де P_o – складова сили різання;

$T_{об.шп.}$ – крутний момент на шпинделі при максимальному зусиллі P_o , Н;

$d_{шп.}$ – діаметр шпинделя, мм;

μ – коефіцієнт тертя в парі.

Максимальне осьову зусилля різання розраховуємо за формулою:

$$P_o = 10 C_p D^q S_o^{y_p} K_p$$

$C_p=68$; $q_p=1$; $y_p=0,7$ [4, ст.281]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,75} = 1; \quad np=0,75$$

Тепер,

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 75^1 \cdot 2,24^{0,7} \cdot 1 = 89250 \text{ Н}.$$

Крутний момент на шпинделі згідно формули:

$$T_{об.шп.} = 9550 \frac{N_{дв.} \cdot \eta}{n},$$

де $N_{дв.}$ – потужність електродвигуна;

η – коефіцієнт корисної дії передачі

$$\eta = \eta_n \eta_{30}^3 \eta_{п.поч}^4 = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,997^4 = 0,92$$

n – значення частоти обертання шпинделя при максимальному осьовому зусиллі.

За графіком чисел обертів приймемо $n=22,4 \text{ об/хв.}$

Отже,

$$T_{об.шп.} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{22,4} = 4315 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

З цього, тягове зусилля:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$Q = 89250 + 0,15 \frac{2000 \cdot 4315}{25} = 141030 \text{ Н.}$$

Тепер, визначимо середній тиск в парі:

$$P = \frac{Q}{\pi d H \frac{L \cdot k}{t}} = \frac{141030}{3,14 \cdot 56 \cdot 4 \frac{240}{8}} = 6,6 \text{ МПа.}$$

Позаяк, вибравши рекомендовані співвідношення параметрів різьби визначимо середній діаметр згідно формули:

$$d = 0,8 \sqrt{\frac{Q}{\lambda[P]}};$$

$$d = 0,8 \sqrt{\frac{141030}{4 \cdot 7}} = 0,8 \cdot 70,1 = 56 \text{ мм.}$$

Для розрахунку на жорсткість необхідно визначити зміну кроку різьби Δt при розтягу-стиску стержня.

Скористаємося формулою:

$$\Delta t = t \frac{Q \cdot t}{E \cdot F};$$

де E – модуль пружності, для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

F – площа поперечного січення

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} = 2461,76 \text{ мм}^2.$$

Тепер,

$$\Delta t = \frac{141030 \cdot 8}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2461,76} = 1,7 \cdot 10^{-4}$$

Перевіримо різницю сусідніх кроків

$$[\Delta t] = (0,1 \dots 0,95) \cdot 10^{-3} t = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 8 = 8 \cdot 10^{-4}$$

Умова забезпечується.

Розрахуємо гвинт передачі на міцність залежно від крутного моменту, скориставшись формулою:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$\sigma_o = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi d^2}\right)^2 + 4\left(\frac{T_{об}}{\pi d^2}\right)^2} \leq \frac{\sigma_T}{3,5},$$

де $T_{об}$ – крутний момент на гвинті.

Крутний момент на гвинті розраховуємо за формулою:

$$T_{об} = \frac{Qt\mu}{2\pi\eta};$$

де η – К.К.Д гвинтової передачі.

К.К.Д. передачі визначимо за формулою:

$$\eta = \frac{tg\lambda}{tg(\lambda + \rho)},$$

де λ – кут підйому гвинта;

ρ – кут тертя, $\rho = 6 \div 8^\circ$;

σ_T – границя текучості матеріалу з якого виготовлено гвинт.

$$\eta = \frac{tg30^\circ}{tg(8^\circ + 30^\circ)} = \frac{tg30^\circ}{tg38^\circ} = \frac{0,57}{0,78} = 0,73$$

Крутний момент на гвинті рівний:

$$T_{об} = \frac{141030 \cdot 8,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} = \frac{1128240}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} = 246104 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Тепер,

$$\sigma_o = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 141030}{3,14 \cdot 56^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{246104}{3,14 \cdot 56^2}\right)^2} = \sqrt{49,4^2 + 4 \cdot 21,7^2} = 66 \text{ Мпа}$$

Границя текучості сталі 18ХГТ рівна $\sigma_T = 380 \text{ МПа}$.

Умова виконується позаяк:

$$\sigma_o < \frac{\sigma_T}{3,5}, \quad 66 < \frac{380}{3,5} = 108$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Визначимо критичне зусилля тягови скориставшись формулою:

$$Q_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{(\vartheta L_{роб})^2} \geq Q,$$

де I – осьовий момент інерції, $I = \frac{\pi d^4}{64}$;

$\vartheta = 0,7$ – напівжорстке кріплення гвинта;

$L_{роб}$ – робоча довжина гвинта.

Як результат,

$$Q_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 210000 \cdot 3,14 \cdot 56^4}{64(0,7 \cdot 140)^2} = 45002878 \text{ Н}$$

Коефіцієнт запасу стійкості:

$$2,5 \div 4 < u_c = \frac{Q_{кр}}{Q} = \frac{45002878}{141030} = 319.$$

Умова виконується.

3.5. Підбір підшипників

Гайка зазвичай міцно закріплена на рухомій частині, тоді як ходовий гвинт обертається в опорах. Радіальне навантаження на опори гвинта, сила тяжіння і радіальна сила в приводному зубчастому колесі, як правило, невеликі. Осьове навантаження (тягове зусилля) є дуже великим. Тому в підшипниках частіше використовують кочення, особливо при великих навантаженнях або високих швидкостях, ніж у радіальних опорах. Упорні шарикові підшипники дозволяють створювати попередній натяг у підп'ятниках.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

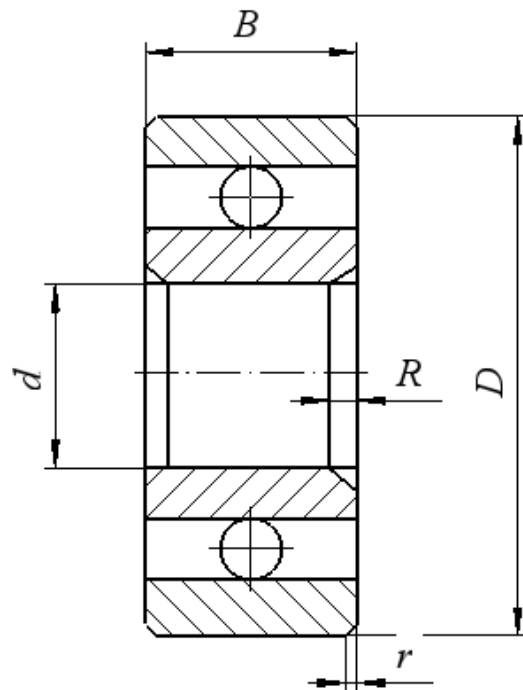


Рисунок 3.4 – Кульковий радіальний підшипник

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика підшипника

Номер підшипника	D	d	B	r	C_{0H}	$C_{,H}$	n , об/хв		Кульки		Маса, кг
							n	p	D_T	z	
210	90	50	20	2,0	20200	27500	63000	8000	12,7	10	0,47

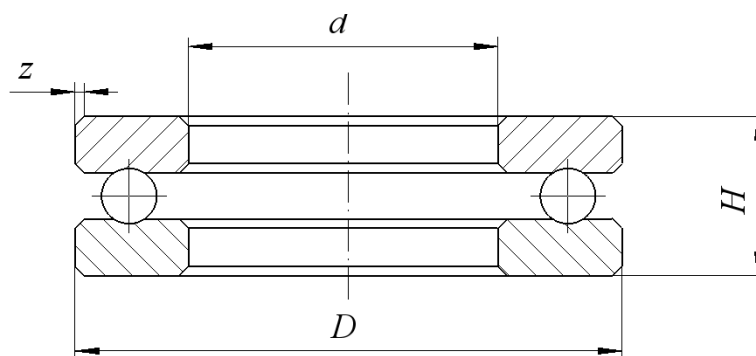


Рисунок 3.5 – Кульковий упорний підшипник

3.6 Обґрунтування вибраного оснащення на операцію

3.6.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

Розглянемо пристосування — кондуктор для свердління двох отворів діаметром Ø12, призначений для виконання операції 020 — вертикального свердління на вертикально-свердлильному верстаті.

Деталь «Корпус ГЗ 12.001» спочатку базується на пальці поз. 13 та призмі поз. 12 по центральному отвору і торцю.

Позиціювання заготовки здійснюється за допомогою циліндричної поверхні, що контактує з призмою. Остаточне базування виконує призма поз. 7, яка закріплена в кондукторній плиті і подається під час свердління отворів.

Затиск заготовки відбувається за рахунок подачі багатошпindelної головки, що рухається по колонках поз. 4 та натискає на пружину поз. 5, яка, у свою чергу, діє на кондукторну плиту поз. 2. Призма поз. 7, розташована в центрі плити, утримує заготовку.

Розтискання заготовки відбувається при піднятті багатошпindelної головки вгору, корпус якої впирається в хомути поз. 6, що закріплені на колонках поз. 4. Під дією головки хомути піднімаються і тягнуть за собою кондукторну плиту поз. 2 з призмою поз. 7.

Пристосування встановлюється корпусом на стіл свердлильного верстату і фіксується двома болтами, які входять у пази основи поз. 1.

3.6.2 Розрахунок похибки базування

Базування деталі здійснюється в призмі до упору.

Похибка базування на лінійний розмір L .

$$\varepsilon_L = 0 \quad \text{Вимірні бази співпадають}$$

Похибка на розмір висоти h становить.

		.			КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\varepsilon_h = \frac{S_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right)$$

де: S_D – допуск на діаметр виливка (для $\varnothing 52$ і 7-го ступеня точності).

$$S_D = 1000 \text{ мКм}$$

α – кут призми $\alpha = 90^\circ$

$$\varepsilon_h = \frac{1000}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 207 \text{ мКм}$$

Допуск на витримуваний розмір $h = 73h14 = 73_{-0,74}$

Отже $\varepsilon_h = 207 < T_h = 740$ мКм і обробка деталі можлива

3.6.3 Розрахунок зусилля затиску

Затиск оброблюванг заготовки забезпечується кондукторною плитою, яку в рух приводить привід механізму подачі вертикально-свердлильного верстату

Сила затиску визначається за формулою

$$Q = \frac{2K M_{\text{різ}}}{d(f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2})}$$

де $M_{\text{різ}} = M_{\text{кр}} = 10 C_m D^q S^y K_p$ – вихідна сила, Н;

З табл. 32 с281 [4]

$$C_m = 0,021$$

$$q = 2,0$$

$$y = 0,8$$

$$K_p = 1,0$$

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,021 \cdot 12^2 (0,2)^{0,8} = 1440 \cdot 0,021 = 30,24 \cdot (0,2)^{0,8} = 8,34 \text{ Нм}$$

$$K = 1,5$$

$$Q = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 8,34}{(0,18 + 0,18 \cdot 0,707)} = 6,7 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Висновок:

Допустиме зусилля подачі

$$Q = 10000 \text{ Н-за паспортом верстата}$$

$$\text{Отже } Q = 10000 \text{ Н} > 6700 \text{ Н}$$

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Характеристика ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці

Підприємство, в склад якого входить ділянка розміщено на території, яка визначена генеральним планом міста. Проектна площа ділянки складає 24м².

Ділянка по виготовленню деталі «Корпус ГЗ 12.001» спроектована згідно вимог до будівель виробничого призначення. З метою запобігання травматизму у виробничому приміщенні застосоване пофарбування будівельних конструкцій та знаки безпеки. Важливе значення для здорових і безпечних умов праці має розташування основного та допоміжного устаткування та правильна організація робочих місць. До устаткування, що має електропривід передбачений вільний прохід з усіх сторін шириною 1м зі сторони робочої зони і 0,6м зі сторони неробочої зони. Порядок розташування устаткування та відстані між верстатами визначені їхніми розмірами, технологічними вимогами техніки безпеки. Технологічне устаткування розміщене на ділянці таким чином, щоб забезпечувалась потоковість виробничого процесу. На ділянці передбачено місце міжопераційного накопичування заготовок та встановлено верстати:

1. Широкоуніверсальний фрезерний 6Р82 – 1шт.
2. Токарний з ЧПК 16К20Ф3 – 2шт.
3. Вертикально-свердлильний верстат – 1шт.
4. Алмазно-розточний 2705В – 1 шт.

Відповідно до «Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці», що діють на підприємстві на проєктованій ділянці розроблені та діють наступні нормативні акти:

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н		11
Консульт.	Окіпний					ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

- Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
- Положення про службу охорони праці на підприємстві;
- Положення про роботу уповноважених трудового колективу з питань охорони праці;
- Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
- Положення про організацію і проведення первинного та повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
- Положення про розслідування нещасних випадків і професійних захворювань.

Навчання з питань охорони праці на підприємстві, в склад якого входить дільниця здійснюється наступним чином: кожен працівник один раз в три роки проходить навчання з техніки безпеки та охорони праці, а саме прослуховує лекції, відвідує практичні та семінарські заняття, здає іспит і отримує посвідчення про допуск до відповідних робіт.

Крім того з працівниками даної дільниці проводять наступні інструктажі: вступний, первинний, повторний, цільовий, позаплановий.

На підприємстві існує система управління охороною праці (СУОП), а також оперативний та адміністративно-громадський трьохступінчастий контроль за станом охорони праці.

Дільниця по шкідливості відноситься до 5 класу. Санітарна зона 50м.

Умови праці відповідають нормативним та відносяться до категорії допустимих, на кожному робочому місці є інструкція з техніки безпеки та вся нормативна документація.

Важливе значення для здорових і безпечних умов праці має розташування основного та допоміжного устаткування та правильна організація робочих місць. До устаткування, що має електропривід передбачений вільний прохід з усіх сторін шириною 1м зі сторони робочої зони і 0,6м зі сторони неробочої зони.

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

Порядок розташування устаткування та відстані між верстатами визначені їхніми розмірами, технологічними вимогами техніки безпеки. Технологічне устаткування розміщене на дільниці таким чином, щоб забезпечувалась потоковість виробничого процесу. На дільниці передбачено місце міжопераційного накопичування заготовок

Всі робочі місця на дільниці атестовані і відповідають науковій організації праці. Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування органів керування відповідають антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним особливостям людини та характеру виконуваної роботи.

При розробці плану виробничої дільниці враховано забезпечення потоковості виробничого процесу, починаючи від надходження заготовок у цех та закінчуючи пунктом відправлення кінцевої продукції цеху, при цьому транспортні шляхи спроектовані найкоротшими.

Обладнання на дільниці, проходи та проїзди гарантують зручність та безпеку праці, можливість монтажу, демонтажу, ремонту устаткування, зручність подавання та передавання заготовок, інструментів та простоту і надійність виведення відходів від робочих місць. Ширина проходу у цеху – 1,5м., проїздів – 2,5м. Планування розміщення технологічного устаткування узгоджено із запроектованими підйомно-транспортними засобами.

Для створення оптимальних умов праці на дільниці створені наступні параметри мікроклімату:

- 1) t – відносна температура повітря (22...24)°C;
- 2) Θ – відносна вологість повітря (50...60)%;
- 3) P – барометричний тиск $1,09 \times 10^5$ Па;
- 4) V – швидкість руху повітря:
в теплу пору (0,3) м/с;
в холодну пору (0,1...0,2) м/с.
- 5) w – інтенсивність опромінення 70 Вт/м².

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

Параметри мікроклімату на ділянці підтримуються за рахунок водяного опалення низького тиску (в зимовий період року) на вентиляції, як природної організованої так і штучної всмоктувальної загальнообмінної.

Для освітлення ділянки застосовується природне освітлення через проріз вікон і штучне при допомозі світильників, які відповідають вимогам.

Природне освітлення бокове двохстороннє. Штучне освітлення на ділянці комбіноване: загальне та місцеве. Робоче освітлення складає $E_p=300\text{лк}$.

На ділянці крім штучного освітлення використовується місцеве освітлення, яке встановлено на верстатах.

Для евакуації людей встановлено аварійне освітлення $E=2\text{лк}$ в приміщенні і $E=1\text{лк}$ на території.

Евакуаційне освітлення $E_{ев}=0,5\text{лк}$ на території. Охоронне освітлення $E=0,5\text{лк}$ на відстані 0,5м від землі (підлоги). Місьцеве освітлення проводиться за допомогою ламп розжарювання напругою 42В.

Переносне освітлення для ремонтних робіт здійснюється за допомогою ламп розжарювання напругою 12В.

Загальне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами ДРЛ-80 в світильнику РСТ05/КОЗ, світловий потік яких $\Phi=3200\text{лм}$.

На ділянці шум спричинений роботою електрообладнання та вентиляцією не перевищує норм 85дБА згідно ГОСТ 12.1003-86.

Вібрація на ділянці загальна спричинена роботою вентилятора та електрообладнання не перевищує допустимих норм, $i=50\text{Гц}$ та не перевищує 65 дБ.

На ділянці використано найдоцільніший метод зниження вібрації – це зниження незрівноважених сил, які створюються машинами.

Динамічні навантаження, котрі виникають в устаткуванні знижені наступними шляхами:

– ретельним динамічним балансуванням обертових частин агрегату;

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

- центрування муфтових з'єднань вентилятора або насоса з електродвигуном;
- ліквідацією перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійним закріпленням різних частин обладнання (кришок, з'єднувальних фланців трубопроводів тощо).

Все електрообладнання на даній ділянці заземлено. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом.

У відповідності з нормами всі металорізальні верстати, які використовуються на ділянці мають захисні пристрої (кожухи, козирки, екрани та ін.) від механічного травмування працюючих. Загальні вимоги безпеки до виробничих процесів встановлені та виконуються.

Основи пожежного захисту підприємств визначені і їх суворо дотримуються на ділянці.

Для попередження пожеж проводяться заходи режимного характеру, технічні, експлуатаційні.

У відповідності до норм плануванням з ділянці забезпечено безпечну і швидку евакуацію людей у випадку пожежі. Евакуаційні виходи розташовані з двох сторін. Ширина шляхів евакуації 1м. Ширина дверей та шлях евакуації 0,8м., ці двері відкриваються по напрямленню виходу з приміщення.

Пожежний інвентар з пожежним інструментом та вогнегасником розміщений на спеціальному пожежному щиті. До комплекту засобів пожежогасіння включені вогнегасники - 3шт., лопати - 2шт., гаки – 2шт. ломы - 2шт., сокири - 2шт., ящик із піском місткістю 0,1 м³.

Оскільки на ділянці здійснюється механічна обробка металів у холодному стані, то ділянка належить до категорії "Д" за вибухопожежною та пожежною небезпекою. В цеху можливе займання електродвигунів верстатів, тому клас можливої пожежі "Е".

На стенді встановлено 2 вогнегасники типу ВВ-5 та один вогнегасник ВП-10. На підприємстві відповідно до існуючих вимог передбачена система

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

протипожежного водопостачання. Протипожежний водогін об'єднаний з виробничим водогоном.

Вимоги безпеки до устаткування, пристроїв, інструменту на ділянці наступні:

— Виробниче устаткування, пристрої та інструменти повинні протягом усього періоду експлуатації відповідати вимогам безпеки згідно вимог, нормативно-технічній документації і цим правилам.

— Небезпечні місця на устаткуванні повинні огорожуватися.

— Засоби колективного захисту повинні виконувати своє призначення безперервно у процесі функціонування устаткування або при виникненні небезпечної ситуації.

— Для засобів колективного захисту не повинна припинятися раніше, ніж закінчиться дія відповідного небезпечного або шкідливого виробничого фактора.

— Конструкція устаткування і його окремих частин виключає можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при усіх передбачених умовах експлуатації і монтажу (демонтажу).

— Частини устаткування (у т.ч. трубопроводи гідро- та пневмосистем, запобіжні клапани, кабелі тощо), механічне пошкодження яких може викликати виникнення небезпеки, захищені або розташовані так, щоб запобігти їх випадковому пошкодженню.

— Устаткування, що діє за допомогою неелектричної енергії (гідравлічної, пневматичної) виконано так, щоб будь-яка небезпека, що викликана цими видами енергії, була виключена.

— Пристрої для зупинки та пуску устаткування розміщуються так, щоб ними можна було зручно користуватися з робочого місця та виключалась можливість самочинного їх включення і створення небезпечних ситуацій через порушення працюючими послідовності дій на органи керування.

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

— Поверхні пристроїв і елементів виробничого устаткування, що можуть служити джерелом небезпеки для працюючих, фарбовані та галузевими нормативними документами.

— Устаткування у процесі експлуатації не повинно забруднювати виробниче середовище викидами шкідливих речовин у кількості більшій гранично допустимих значень.

— Устаткування, яке є джерелом шуму, ультразвуку, вібрації, виконано так, щоб воно у передбачених умовах та режимах експлуатації не перевищувало норм, встановлених (ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»).

— Усі контрольно-вимірювальні прилади необхідно утримувати у справному стані, періодично перевіряти. Забороняється використовувати прилади з простроченим терміном перевірки.

— Вибракування інструменту, пристроїв повинно проводитися у відповідності з установленим графіком, але не рідше одного разу на 3 місяці.

— На несправне устаткування керівник дільниці вивіщує табличку, на якій указано, що працювати на даному устаткуванні не дозволяється. Таке устаткування повинно бути відключеним (обезструмленим, виключений привід тощо).

Заходи, що запропоновані по покращенню умов праці на даній дільниці:

- 1) Заміна виробничого обладнання базового технологічного процесу на більш безпечніше.
- 2) Внесено зміни в технологічний процес.
- 3) Проведена атестація нових робочих місць.

4.2 Розрахунок освітлення для спроектованої дільниці

Згідно попередніх розрахунків дільниці отримано наступні параметри: площа дільниці – $S=24\text{м}^2$; ширина приміщення приймається згідно норм розстановки верстатів між колонами $a=6\text{м}$; довжина приміщення – $b=4\text{м}$; висота приміщення $H=4,5\text{м}$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p=1,1\text{м}$. Приміщення має

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

світлу побілку: коефіцієнт відбиття: стелі – $\rho_{\text{стелі}}=70\%$; стін – $\rho_{\text{стін}}=50\%$. [14] С.120, табл.3.9.

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконують зорові роботи розряду III в становить $E=300\text{лк}$ [16]. Як світлові пристрої приймаємо лампи типу ДРЛ-80 (дугові ртутні), які характеризуються високою світловою віддачею при компактності джерела світла. Приймаємо світильники РСП05 прямого світла (з двома лампами). Оскільки світильники кріпляться на стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_0=4,0\text{м.}$, що не суперечить вимогам, відповідно до яких $h_0=2,6\text{-}4\text{м.}$, коли у світильнику менше 4 ламп, і $h_0=3,2\text{-}4,5\text{м.}$ - при 4-х і більше ламп.

Визначаємо висоту світильника над робочою поверхнею (рисунок 4.1):

$$h = h_0 - h_p, \text{м} \quad (4.1)$$

де h – висота світильника над робочою поверхнею, м;

h_0 – висота приміщення, м; $h_0=4,0\text{м.}$;

h_p – висота робочих поверхонь (столів верстатів), м; $h_p=1,1\text{м}$

$$h = 4,0 - 1,1 = 2,9\text{м}$$

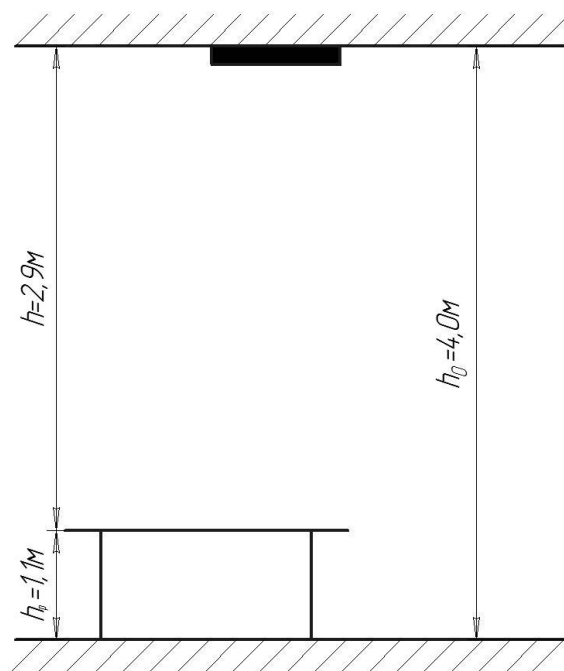


Рисунок 4.1 – Схема визначення висоти підвісу світильника

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

Показник приміщень i визначається за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \quad (4.2)$$

де a, b, h – ширина, довжина приміщення, висота світильника над робочою поверхнею відповідно, м.

$$i = \frac{6 \cdot 4}{2,9 \cdot (6 + 4)} = 0,83$$

При $i=3,0$, $\rho_{стелі} = 70\%$, $\rho_{стін} = 50\%$, для світильника РСП/К03 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0,6$ [16].

Визначаємо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по чотири лампи ДРЛ-80, за формулою:

$$N = \frac{ESK_3 Z}{4\Phi_{\lambda} \eta} \quad (4.3)$$

де N – кількість світильників, шт.;

E – нормована освітленість, $E=300$ лк.;

S – площа приміщення, що освітлюється, $S=24\text{м}^2$;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3=1,5$ [16];

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення приймаємо $z=1,15$ для газорозрядних ламп високого тиску типу РСП [14] С.141;

n – кількість ламп у світильнику, $n=2$ шт.;

Φ_{λ} – світловий потік однієї лампи ДРЛ-80 становить $\Phi_{\lambda}=3200\text{лм}$ [14] С.142, табл.3.28;

η – коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,6$ [14] С.141, табл.3.26;

$$N = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{2 \cdot 3200 \cdot 0,6} = 3,24 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 світильника, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в два ряди по 2 штуки в кожному. Оскільки довжина світильника не набагато більша довжини лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме:

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

$$\sum L_{CB} = l_{cb} \cdot n_{,M} \quad (4.4)$$

де $l_{cb} = 1,2m$

$$\sum L_{CB} = 1,2 \cdot 2 = 2,4m.$$

Це значення менше довжини приміщення 6м., тому між світильниками будуть розриви 1,2м.

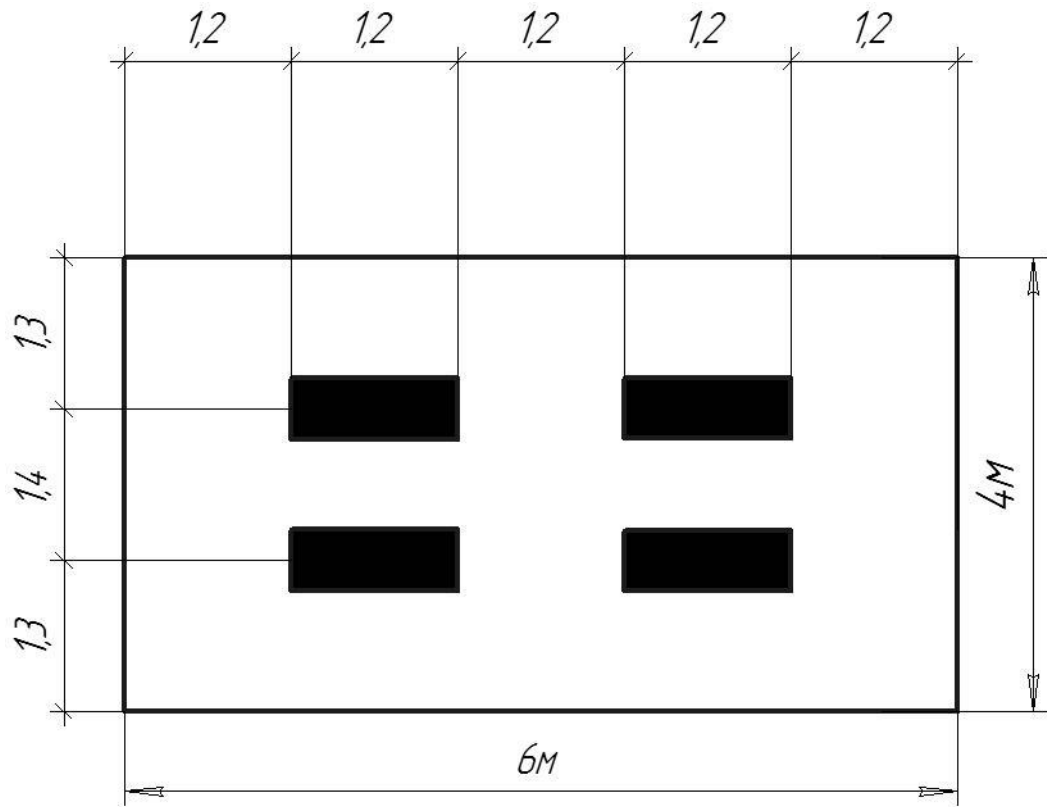


Рисунок 4.2 – Схема розташування світильників РСП/К03 на ділянці

Визначаємо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні за формулою:

$$\sum P_{CB} = P_{л} \cdot N \cdot n \quad (4.5)$$

де P_{CB} – сумарна електрична потужність усіх світильників, Вт.

$P_{л}$ – потужність одного світильника $P_{л}=3200$, Вт;

N – кількість світильників, шт.; $N=4$ шт.;

n – кількість ламп у світильнику, шт.; $n=2$ шт.

$$\sum P_{CB} = 3200 \cdot 4 \cdot 2 = 25600 \text{ Вт.}$$

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

Висновок: у розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування дільниці з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Вказано вимоги до виробничого обладнання.

Здійснено розрахунок освітлення для виробничої дільниці. Для забезпечення відповідного рівня освітленості спроектовано схеми розміщення світильників та їх підвісу. Кількість світильників для дільниці - 4 одиниці, тип ламп в них - ДРЛ-80.

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

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано комплексний аналіз деталі «Корпус ГЗ 12.001». Проаналізовано її конструкцію, технічні вимоги та оцінено загальну технологічність. Детально розглянуто існуючий технологічний процес механічної обробки корпусу на підприємстві.

За результатами цього аналізу розроблено новий, економічніший та оптимальніший варіант технологічного процесу виготовлення деталі, включаючи запропонований спосіб отримання заготовки. Здійснено обґрунтування оптимального техпроцесу, визначено базові поверхні для кожної операції, розраховано припуски та спроектовано заготовку. Для реалізації техпроцесу обрано необхідний різальний та вимірювальний інструмент, металообробне обладнання, розраховано та підібрано режими різання та норми часу.

Крім того, проведено кінематичний та конструктивний розрахунок вертикально-свердлильного верстата з можливістю свердління двох отворів одночасно, спроектовано технологічне оснащення та детально розроблено техпроцес виготовлення деталі. Запропоновано конструкцію коробки подач та гвинта подачі. Проведено всі необхідні конструктивні та силові розрахунки. Розглянуто питання безпеки життєдіяльності та основ охорони праці.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бичковський				Висновки	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник					Н		1
Реценз.						ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кобельник							
Затверд.	Крупа							

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. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design/Y. Altintas: Cambridge University Press, 2012. 380p.
4. Beddoes J. Principles of metal manufacturing processes /Beddoes, Jonathan.: Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2003. 326 p.
5. Creese, R. Introduction to manufacturing processes and materials /Creese, Robert C: New York : Marcel Dekker, 1999. 395 p.
6. Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbautechnik hrsg. von Alfred Böge, 2019.
7. Klocke F. Manufacturing Processes, Cutting/ Fritz Klocke.: New York : Springer, 2011. 504 p
8. 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)

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бичковський			Перелік посилань	Літ.	Арк.
Перевір.		Кобельник				Н	Акрушів
Реценз.							6
Н. Контр.		Кобельник				ТНТУ МВ-41 м. Тернопіль	
Затверд.		Крупа					

9. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок.: Львів: Світ, 1996. 368 с.

10. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Металорізальні верстати : навч. посіб.: Львів Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. 268 с.

11. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник. Львів: Бескид Біт, 2008. 448 с.

12. 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.

13. Гагалюк А.В., Паливода Ю.Є. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування : навчальний посібник Тернопіль: Осадца Ю. В., 2025. – 308 с.

14. 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.

15. 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

16. Жидацький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: навчальний посібник.: Львів: Афіша, 2000. 350 с.

17. 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.

18. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки.* : Житомир : ЖДТУ, 2007. Вип. № 1 (40). С. 34–40.

19. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верстата моделі 2Н118. *Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць.* : Житомир : ЖДТУ, 2010. Вип. 8. С. 99–108.

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

21. 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.

22. 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.

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

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць.
: Краматорськ, Київ, 2006. Вип. № 19. С. 58–64.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

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

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

34. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом.: Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

35. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: «Вища школа», 1993. 560 с.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. 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.

37. Паливода Ю.Є., Кухарський О.М. Визначення припусків розрахунково аналітичним методом: Тернопіль, 2003. 81 с.

38. 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.

39. Пат. 33445 Україна, МПК В 23 В 47/00. Механізм подач свердлильного верстату / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявник та патентовласник Терн. нац. техн. універ. ім. І. Пулюя. – № 200801364; заявл. 04.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 8.

40. Пат. 51906 UA, МПК B23B 49/00. Переналагоджувальний свердлильний кондуктор [Текст] / Гупка Андрій Богданович, Гупка Богдан Васильович, Брошак Іван Іванович, Гевко Ігор Богданович, Ляшук Олег Леонтійович, Дячун Андрій Євгенович, Гагалюк Андрій Валерійович (Україна) - опубл. 10.08.2010.

41. Пат. 67685 Україна, МПК (2006.01) G 01 B 5/24. Спосіб вимірювання головного заднього кута спірального свердла / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Продан В. І.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u201109411; заявл. 27.07.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. №4.

42. Пат. 76433 Україна, МПК (2006.01) B 23 B 51/02. Спіральне свердло / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Продан В. І., Топольницький В. І.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u201205420; заявл. 03.05.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

43. Пат. 77698 Україна, МПК (2013.01) B 23 B 47/00. Пристрій для свердління наскрізних отворів / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявники і патентовласники Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І. № u201209347; заявл. 30.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

					КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

44. Равська Н. С. та ін. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: навчальний посібник.: Житомир: ЖІТІ, 2000. 332 с.

45. Скляр Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій. Вісник ТНТУ. 2011. Том 16. № 1. С.117-125.

46. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням. Львів: Видавництво “Оріяна Нова”, 2002. 208 с.

47. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

		.			КРБ 21-440.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		