

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Розробка ланцюга приводу головного руху

вертикально-фрезерного верстату з ЧПК

для забезпечення обробки деталі «корпус приводу»

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

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

_____ **Бобелюк М.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Буховець В.М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2022

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

(підпис) Кобельник В.Р.
(прізвище та ініціали)
« » 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту Бобелюку Миколі Анатолійовичу
(прізвище, 2м.'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка ланцюга приводу головного руху вертикально – фрезерного верстату з ЧПК для забезпечення обробки деталі «корпус приводу»

Керівник роботи Буховець Валерій Миколайович к.т.н. асистент
(прізвище, 2ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «корпус приводу» , технологічний процес. Механічна обробка деталі , паспорт вертикально – фрезерного верстата.

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

Аналіз завдання на проектування , характеристика деталі , огляд літератури.

Технологічний розділ. Розрахунок режимів різання. Конструкторський розділ.

Верстатне та інструментальне забезпечення верстату (опис кінематичної схеми верстату)

Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності.

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

Креслення деталі та заготовки – 1 арк. ф.А.1.Карта налагодження – 0.5 – 1 арк. ф. А. 1.

Кінематична схема верстата що забезпечує технологічний процес – 1 арк. ф.А. 1.

Складальне креслення пристосування – 1 арк. ф. А. 1.

Шпindelний вузол -2 арк. ф. А. 1. Коробка швидкостей – 1 арк. ф. А. 1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та БЖД	Сеник А.А. к.т.н. асистент каф.В.І.		
Нормоконтроль	Кобельник В.Р.к.т.н. зав. каф. В.І.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	До 31.01.2022	
2	Огляд літератури	До 25.02.2022	
3	Технологічний розділ	До 01.03.2022	
4	Конструкторська частина	До 15.04.2022	
5	Розробка кінематичної схеми верстата	До 05.05.2022	
6	Оформлення питань О П та БЖД	До 27.05.2022	
7	Оформлення графічного матеріалу	До 17.06.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки	До 17.06.2022	

Студент

(підпис)

Бобелюк М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Буховець В.М.

(прізвище та ініціали)

Зміст

Реферат.....	6
Анотації.....	7
Вступ.....	10
Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу.....	11
1. Технологічний розділ.....	15
1.1. Опис конструкції та службового призначення деталі.....	15
1.2. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.....	16
1.3. Характеристика матеріалу деталі.....	18
1.4. Визначення типу виробництва і величини партії деталей.....	18
1.5. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки.....	20
1.6. Розробка маршрутного технологічного процесу.....	26
Висновок до розділу 1.....	38
2. Верстатне забезпечення.....	39
2.1. Вибір моделі верстату-аналога.....	39
2.2. Характеристики верстату-аналога.....	40
2.3. Визначення діапазону регулювання.....	41
2.4. Побудова структурних сіток.....	42
2.5. Побудова графіку чисел обертів і кінематичної схеми.....	45
2.6. Визначення чисел зубів передач.....	48
2.7. Опис приводу головного руху.....	50
2.8. Елементи силового розрахунку і розрахунок шпиндельного вузла.....	51
Висновок до розділу 2.....	55

					КРБ 20-202.00.00.000		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Бобелюк</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Буховець</i>					
<i>Н.конт.</i>		<i>Кобельник</i>			З М І С Т		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>			ТНТУ, гр.МВс-41		

3. Інструментальне забезпечення і пристосування.....	56
3.1. Вибір інструментів для технологічних операцій.....	56
3.2. Аналіз роботи фрез на вертикально-фрезерному верстаті.....	59
3.3. Вибір і розрахунок пристосування.....	60
Висновки до розділу 3.....	63
4. Охорона праці.....	64
4.1 Характеристика ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці і техніки безпеки для ділянки.....	64
4.2. Розрахунок заземлення для спроектованої ділянки.....	
Висновки до розділу 4.....	
Загальні висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки.....	

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Тема роботи. Розробка ланцюга приводу головного руху вертикально – фрезерного верстату з ЧПК для забезпечення обробки деталі «корпус привода»

Метою даного дослідження є удосконалення технології виготовлення деталі «корпус привода» на основі модернізації приводе головного руху верстатально-фрезерного верстату з ЧПК.

Об'єкт дослідження - операції фрезерування технологічного процесу механічної обробки деталі «корпус»

Предмет дослідження – ланцюг приводу головного руху вертикально-фрезерного верстату з ЧПК

Під час виконання кваліфікаційної роботі для досягнення її мети отримані такі основні **результати**:

1. На основі аналізу технічних вимог на оброблювану деталь та її матеріалу і програми випуску визначено тип виробництва та здійснений варіативні методи отримання заготовки з їх економічним обґрунтуванням.
2. Проведена розробка маршрутної технології механічної обробки деталі-представника: корпус приводе із сірого чавуну СЧ18, вибране та обґрунтоване металорізальне обладнання для такого технологічного процесу.
3. Обґрунтовані між операційні припуски, проміжні розміри та проведений аналітичний розрахунок операційної технології для однієї із операцій.
4. Як основа для подальших розробок проведений детальний розрахунок режимів різання по операціях, в тому числі для операцій, пов'язаних із фрезеруванням.
5. Проведений короткий опис застосовуваних на виробництві фрезерних верстатів і обраний вертикально-фрезерний верстат-аналог.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Бобелюк</i>				РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Буховець</i>							
<i>Н.конт.</i>	<i>Кобельник</i>				<i>ТНТУ, гр.МВс-41</i>			
<i>Зав.каф.</i>	<i>Кобельник</i>							

6. Визначений діапазон регулювання приводу головного руху та на основі багатоваріантного представлення структур лінії приводу проведений кінематичний розрахунок.
7. Відповідно проведеного аналізу запропонована кінематична схема представленого варіанту вертикально-фрезерного верстату та розраховані її елементи, зокрема числа зубів передач.
8. Проведено опис конструкції компонентів ланцюга приводу головного руху та здійснений загальний силовий розрахунок зубчастих передач та валів коробки швидкостей і критеріальний розрахунок на жорсткість шпиндельного вузла.
9. Проведений вибір металорізальних інструментів для здійснення механічної обробки деталі «корпус приводу» та спорядження цієї обробки додатковими і вимірювальними інструментами.
10. Проілюстрована обробка деталей на розробленому верстаті різними типами фрез.
11. Спроектоване і розраховане відповідно до встановлених вимог пристосування для розточної операції.
12. Відповідно до встановлених норм представлені вимоги щодо охорони праці, а також техніки безпеки на механічній дільниці. Описаний варіант встановлення заземлення для металорізального обладнання.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Бобелюк М.А.; " Розробка ланцюга приводу головного руху вертикально – фрезерного верстату з ЧПК для забезпечення обробки деталі «корпус привода»". 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2022 р.

У кваліфікаційній роботі бакалавра показані результати конструктивних розробок елементів приводу головного руху для вертикально-фрезерного верстату з ЧПК на основі оціночного аналізу технології обробки деталі корпусу приводу із матеріалу чавун СЧ18. Метою роботи є удосконалення вказаного технологічного процесу на основі представлення удосконаленого варіанту ланцюга приводу головного руху стосовно до вертикально-фрезерного верстату, спорядженого системою ЧПК. В кваліфікаційній роботі піддані аналізу особливості деталі, визначений тип виробництва і спроектована заготовка. На основі запропонованого варіанту технології механічної обробки заданої деталі розраховані операційні припуски та відповідні режими різання для всіх операцій. Базуючись на характеристиках верстату-аналогу, здійснено багатоваріантний аналіз структурних сіток ланцюга головного руху і проведений кінематичний розрахунок і побудова кінематичної схеми. Встановлені елементи такої схеми та здійснений їх силовий розрахунок. Представлені конструкції коробки передач і оптимізованої схеми шпиндельного вузла. Для розробленої технології стосовно фрезерних операцій обрані металорізальні, а також вимірювальні інструменти. Показані схеми руху відповідних фрез на розробленому верстаті. Представлено опис вимог до охорони праці і техніки безпеки стосовно механічної ділянки для здійснення розробленого технологічного процесу, а також показані варіанти електричного заземлення механічного обладнання.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бобелюк</i>			<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Буховець</i>						
<i>Н.конт.</i>		<i>Кобельник</i>				<i>ТНТУ, гр.МВс-41</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

Bobeliuk M.A.; " Development of the chain of the main movement drive of the CNC vertical milling machine for machining of the "case of the drive" part. 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2022.

The Bachelor Qualification Paper deals with the results of constructive developments of elements of the main movement drive for the CNC vertical milling machine on the basis of the estimation analysis of manufacturing technology of the drive case part from material cast iron СЧ18. The objective of the apper is to improve the specified technological process on the basis of the presentation of an improved version of the main drive chain in relation to the vertical milling machine equipped with a CNC system. In the qualification paper the features of the part are analyzed, the type of production is determined and the work-piece is designed. Based on the proposed variant of the machining technology of a given part, the operating allowances and the corresponding cutting conditions for all operations are calculated. Taking into consideration the characteristics of the analog machine, a multivariate analysis of the structural grids of the main motion chain was performed and the kinematic calculation and construction of the kinematic scheme was performed. The elements of such a scheme have been established and their force calculation has been carried out. The designs of the transmission and the optimized scheme of the spindle unit are presented. Metal-cutting and measuring tools have been selected for the developed technology in relation to milling operations. The schemes of movement of the corresponding mills on the developed machine are shown. A description of the requirements for labor protection and safety in relation to the mechanical section for the implementation of the developed manufacturing process as well as, options for electrical grounding of mechanical equipment.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Вироби, що використовуються в технологічному устаткуванні, зазвичай виготовляють із литих або кованих заготовок з наступною механічною обробкою спряжених поверхонь, оскільки така обробка забезпечує їх високу точність та шорсткість, а також точність взаємного розташування поверхонь.

Для підвищення продуктивності механічної обробки деталей в сучасному виробництві використовуються новіше, ефективніше обладнання, верстати з ЧПК, механізовані та автоматизовані пристосування та найпродуктивніший різальний інструмент підвищеної стійкості, що дозволяє виконувати обробку на високих режимах різання.

Розглядуваним об'єктом виробництва є виріб «Привід». Він використовується для передачі обертального руху між валами, розташованими під кутом, за допомогою конічної передачі.

У кваліфікаційній роботі велика увага звертається на складання маршрутної–операційного технологічного процесу обробки заданої деталі, що суттєво впливає на очікуваний економічний ефект виготовлення виробу і його економічну доцільність. Центром роботи є розробка ланцюга приводу для вертикального фрезерного верстату з ЧПК, зокрема його кінематичної схеми та конструкції її компонентів включно із шпиндельним вузлом.

Значний інтерес також представляє інструментальне забезпечення технологічного процесу стосовно операції фрезерної обробки.

Запропоновані технологічні і конструкторські рішення, відповідним чином технічно та економічно обґрунтовані, супроводжуються необхідними рекомендаціями щодо заходів з охорони праці і техніки безпеки, а також розробкою схем електричного обладнання для механічної дільниці, що реалізує представлену технологію.

					КРБ 20-202.00.00.000			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бобелюк</i>			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Буховець</i>						
<i>Н.конт.</i>		<i>Кобельник</i>				ТНТУ, гр.МВс-41		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу

Основним завданням кваліфікаційної роботи є вирішення питання удосконалення технологічного і конструкторського забезпечення фрезерної обробки деталі «корпус привода», особливо з точки зору аспекту покращення ланцюга приводу головного руху застосовуваного фрезерного верстату.

Для аналізу завдання на роботу, проведемо характеристику заданого об'єкту виробництва.

У складальній одиниці «привід» конічні передача вмонтована в корпусі 1. Обертання на вал 9 передається через муфту від агрегата (показано на кресленні умовно). З валу 9 через конічні зубчасті колеса 2 обертання передається на вал 19. На валу 19 штифтом 25 і гвинтом 22 закріплена зірочка 17, з якої обертання передається ланцюговою передачею до робочих огранів технологічної машини. Опорами валів 9 і 19 служать кулькові підшипники 27, змонтовані в корпусі 1. Для змащування зубчатого зачеплення в корпус заливається машинне мастило через отвір, що закривається кришкою 7. Злив відпрацьованого мастила здійснюється через отвір, що закривається пробкою 13. Для кріплення приводу до машини в корпусі 1 передбачені 4 отвори подовгистої форми. Така форма отворів дозволяє регулювати натяг ланцюга. Одною з вимог, що ставиться до збирання «приводу» є забезпечення герметичності для запобігання потраплянню пилу в порожнину корпусу та підшипників і витікання мастила. Для цього у виробі передбачено кришки 4;11;28 і підкладки 5;12;18. Іншою вимогою є забезпечення перпендикулярності між осями валів 9 і 19. Ця вимога досягається точним виготовленням посадочних отворів в корпусі приводу 1.

Технологічна схема складання виробу передбачає послідовність виконання з'єднань між елементами, починаючи від базового. Базовим елементом до якого будуть приєднуватися інші елементи виробу «Привід» буде деталь корпус позиція 1, в посадочні отвори якого з лівого

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

боку вкладається попередньо зібраний вал 2 із зубчастим колесом 8 зафіксованим шпонкою 29, два підшипниками 26 з розпорними втулками 15;16 між ними, та кільцем 10. Лівий торець корпусу 1 прикривається кришкою 26 з кільцем 25, попередньо підкладаємо підкладку 19 і пригвинчується чотирма гвинтами 23. На хвостовику вала 3 насаджується зірочка 7 і фіксується штифтом 30 та гвинтом 22. З протилежної сторони корпусу 1 в отвір вгвинчується пробка 17 з підкладкою 16. В поперечний отвір корпусу 1 вкладається вал 2 з конічним зубчастим колесом 8 зафіксованим шпонкою 29 на двох підшипниках 26 один з яких садиться безпосередньо в стінку корпусу і прикривається кришкою 13 з кільцем 25 та втулкою 4, що пригвинчується чотирма гвинтами 23, попередньо підклавши підкладку 15. Протилежний підшипник валу 9 посаджений в стакан 3, що всаджений в отвір корпусу 1 з торця і прикривається кришкою 11, та пригвинчується чотирма болтами 21 попередньо підклавши кільце 9 і підкладку 18. Вікно для заливання мастила в корпус 1 прикривається кришкою 712 підклавши підкладку 8 і пригвинчується чотирма гвинтами 24.

Технологічна схема складання подається на 20.ДП.40002.02.00.00.000.

Такий аналіз дає змогу зрозуміти особливості самої деталі та умови її роботи. Це допоможе при розробленні технологічного процесу.

Іншим аспектом кваліфікаційної роботи є розроблення верстаного забезпечення. На даний час в умовах сучасного виробництва велика увага приділяється вдосконаленню верстатів, що розробляється, покращенню їх структури, зокрема, стосовно використання верстатів з ЧПК, верстатів високої точності та інших. Серед основних напрямків розвитку верстатобудування слід зазначити необхідність високої продуктивності оброблення, підвищення якісних характеристик обробки, зниження різного роду витрат на обробку, інтелектуалізацію технологічного процесу, розширення технологічних можливостей та покращення умов праці і виробництва.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000					

Тому такі тенденції сприяють широкому впровадженню верстаїв з програмним керуванням, зокрема верстатів із ЧПК.

Тому поряд з тим, що об'єктом дослідження щодо механічної обробки деталі «корпус» призначаємо технологічну операцію фрезерування, то предметом дослідження є ланцюг приводу головного руху саме для вертикально-фрезерного верстату, спорядженому системою ЧПК. В цьому полягає актуальність подальших розробок.

Таким чином, можна стверджувати, що на основі аналізу виданого завдання, базуючись на відомих аналогах високо-економічних технологічних процесів і відповідних конструкціях фрезерного обладнання бачимо, що при подібного роду проектуванні для досягнення економічно вигідних показників необхідно проводити певні модернізаційні заходи. Цьому і має бути присвячена дана кваліфікаційна робота.

Тому у формі висновку і схеми методики вирішення поставленої у кваліфікаційній роботі технічної проблеми слід зосередити увагу на виконанні таких основні завдання:

- провести на основі інформаційно-аналітичного дослідження аналіз відомих технологій механічної обробки корпусних деталей і запропонувати варіант удосконаленого технологічного процесу обробки деталі;

- здійснити обґрунтований вибір заготовки і розробити принципову схему маршрутної технології;

- визначити між операційні припуски та провести технологічні розрахунки, зокрема розрахунок режимів різання для операцій технологічного процесу;

- на основі вивчення основних конструкцій фрезерних верстатів обрати верста-аналог і запропонувати напрямок його модернізації стосовно приводу головного руху;

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити багатоваріантну кінематичну структури приводу головного руху та проілюструвати це кінематичною схемою;
- провести силовий розрахунок елементів кінематичної схеми, зокрема, шпиндельного вузла та сконструювати коробку швидкостей і вказаний вузол, застосувавши відповідні розрахунки;
- запропонувати інструментальне забезпечення фрезерних операцій технологічного процесу, включно із вибором вимірювальних та допоміжних інструментів та показати особливості роботи різних типів фрез у такому спорядженні;
- провести розробку заходів охорони праці і безпеки в практиці обробки деталей на механічній дільниці і запропонувати схеми електричного заземлення технологічного обладнання дільниці.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічна частина

1.1. Опис конструкції та службового призначення деталі.

Задана деталь «Корпус 20.ДП.40002.02.00.00.001» служить для утримування елементів вузла «Привід» і встановлюється своїми лапами на раму та кріпиться до неї чотирма болтами.

Деталь має порожнисту форму з трьома циліндричними виходами та одним квадратним до торця якого прикріплюється кришка. У видовженому циліндричному приливі спостерігаються два внутрішні циліндричні посадочні місця розміром $\varnothing 52H7$, а на торці 4 рівновіддалених різьбових отвори М6-Н6, що розташовані на колі $\varnothing 66$. Перпендикулярно до циліндричного приливу у стінках корпусу розташовуються два циліндричних отвори $\varnothing 60H8$ і $\varnothing 52H7$, що знаходяться на одній осі. На квадратному торці більшого отвору розміщуються 8 різьбових рівновіддалених отворів М6-Н6. На протилежному торці меншого отвору розташовуються на колі $\varnothing 70$ чотири різьбових отвори М6-Н6 глибиною 8 мм.

Крім цього у стінці корпусу, паралельно до горизонтальної осі на відстані 35 мм. розташовується різьбовий отвір М10×1-7Н.

За формою, конструктивними і технологічними ознаками, задану деталь можна віднести відповідно класифікатора ЄСКД до класу 73-корпусів.

Деталь має типову конструкцію, що достатньо широко застосовується у машинобудуванні.

Вивчаючи креслення деталі з точки зору якості поверхонь, можна виділити основні та допоміжні поверхні що обробляються механічно.

					КРБ 20-202.00.00.000			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Бобелюк			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>		Буховець						
<i>Н.конт.</i>		Кобельник				ТНТУ, гр.МВс-41		
<i>Зав.каф.</i>		Кобельник						

До основних поверхонь можна віднести:

- 2 отвори $\varnothing 52H7$, Ra 0,8мкм із допуском співвісності, під підшипники;
- отвір $\varnothing 52H7$, Ra 1,6мкм із допуском перпендикулярності, для посадки підшипника;
- отвір $\varnothing 60H8$, Ra 1,6мкм для посадки стакану.

Допоміжними поверхнями можна вважати:

- 2 площини віддалених від осі 86h14, Ra 25 мкм для встановлення корпусу на рамі;
- 4 отвори R5H14, 12H14, Ra 25 мкм для проходу болтів;
- 20 різьбових отворів M6-6H Ra 3,2 мкм для вгвинчування приєднувальних гвинтів;
- різьбовий отвір M10×1-7H Ra 3,2 мкм для вгвинчування пробки;
- два отвори $\Phi 25H14$; $\Phi 32H14$, Ra 25 мкм для протікання рідини.

На основі аналізу конструктивних особливостей виконаний ескіз заданої деталі з нумерацією позицій.

1.2. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь

Проведемо детальний аналіз технічних вимог всіх розмірів поверхонь деталі, способи їх виготовлення і контролю

Результати такого аналізу зводимо у таблицю 1.1.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1;2;20;32;43	132h14; 72h14; Ra 25 86h14; 52h14; 68h14	Фрезерування	Штангельциркуль ШЦ-II-250-0,01
3;6	R5H14; 12H14; 100H14; 130H14 Ra 25	Фрезерування Свердління	Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,01
7...10; 21...24; 33...36; 44...51.	M6-6H; 10H14; 8H14; 12H14; Ra 3.2; R33h14; R35h14; 3h14; 8h14; 42h14	Свердління Нарізання мітчиками	Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,01 Калібр-пробка різьбовий M6-6H.
11...14; 25...29; 37...40; 52...60.	1,0× 45°	Зенкування	Шаблон
15; 16; 41; 42	Ø52H7; Ra 0,8; Ø60H8; Ra 1,6/	Розточування чистове	Калібр-пробка двосторонній, двограничний Ø52H7 ПР і НЕ Ø60H8 ПР і НЕ
17; 18; 19	4H14; Ø55H14; Ra 6,3; Ø45H14	Розточування	Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,01 Шаблон
30	M10× 1-7H; Ra 3,2	Свердління Нарізання мітчиком	Калібр-пробка M10× 1-7H
31	1,5× 45°; Ra 6,3	Зенкування	Шаблон
29	51h14; Ra 12,5	Ценкування	Штангельциркуль ШЦ-I-250-0,01

Арк.

КРБ 20-202.00.00.000

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

1.3. Характеристика матеріалу деталі

У відповідності креслення деталей виготовляється з матеріалу СЧ18 сірого чавуну.

Хімічний склад матеріалу вибираємо із [1] с.135 і заносимо в таблицю.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад чавуну СЧ18,%

C	Si	Mn	S	P	Cr, Ni
3,3-3,5	2,0	0,7	0,15	Не більше 0,2+0,25	0,2

Механічні властивості матеріалу вибираємо із [1] с.81 і заносимо в таблицю.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості

σ_m	$\sigma_{зг}$	$\sigma_{ст}$	$\tau_{кр}$	σ_{-1}	T_{-1}	НВ
МПа						
180	400	700	260	90	55	229-241

Даний матеріал використовується у машинобудуванні для виготовлення станин, маточин, корпусів, клапанів, вентилів, і інших деталей. Матеріал володіє добрими ливарними властивостями, але крихкуватий і тому використовується для тонкостінних відливок невеликої маси середньонавантажених деталей в основному корпусних. Добре обробляється механічно.

1.4 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

Тип виробництва визначається виходячи з річної програми випуску деталей $N_{р\dot{ч}.} = 1600$ шт/рік, що передбачається завданням і маси деталі $g = 7,1$ кг.

Згідно [2] с.14 табл.3.2.5.2 – тип виробництва буде середньосерійний. Даному типу виробництва характерно (табл. 1.4):

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Таблиця 1.4 – Організаційно-технологічні характеристики середньосерійного типу виробництва

Характерна ознака	Тип виробництва
	Середньосерійний
1	2
Форма організації виробничого процесу	Предметно-поточкова
Розміщення технологічного обладнання	За ходом виконання техпроцесу
Кваліфікація робітників	Різна
Повторюваність операцій	Періодична
Види технологічних процесів	Типові, групові
Ступінь деталізації технологічних процесів	Маршрутно-операційні Для верстатів з ЧПК - докладні

Технологічне обладнання	Універсальне, частково спеціалізоване, верстати з ЧПК
Технологічне оснащення	Універсально-налагоджувальні, збірно-розбірне
Різальний інструмент	Універсальний і спеціалізований
Вимірювальний інструмент	Калібри, універсальний вимірювальний інструмент
Заготовки	Прокат, відливки, кованки
Застосування розмітки	Обмежене
Методи досягнення точності	Метод повної і часткової взаємозамінності
Собівартість продукції	Середня

В середньосерійному виробництві деталі і вироби випускаються партіями. Величина оптимальної партії визначається [2] (шт):

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.1)$$

де a - необхідний запас деталей на складі для безперебійної роботи складальної дільниці, в днях. Для середніх деталей $a = 5$, для дрібних $a = 10$; 12. $F = 257$ днів – число робочих днів в році.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$n = \frac{1600 \cdot 5}{257} = 31,13.$$

Приймаємо $n=32$ шт.

Отже, величина партії деталей становить $n=32$ шт. при роботі в одну зміну.

1.5. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки

Вибір заготовки залежить від конструкції деталі, її матеріалу і обсягу виробництва.

Доцільність вибраного матеріалу підтверджується техніко–економічними показниками двох варіантів виготовлення заготовки і коефіцієнтом використання матеріалу.

Розглянемо техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Враховуючи конструкцію і матеріал деталі та середньосерійний тип виробництва, вибираємо для заданої деталі два варіанти заготовок, враховуючи характеристики методів одержання ливарних заготовок [2] с. 96:

- Литво в піщану форму при ручній формовці.
- Литво в піщану форму при машинній формовці.

Приймаємо за [2] с. 95, табл. Е8.1 для литва при ручній формовці – 11-й клас точності розмірів та 5-й ряд припусків; а при машинній 7-й клас точності розмірів та 2-й ряд припусків.

Визначаєм допуски лінійних розмірів виливків [2] с. 57, табл. Е8.3 та загальні припуски [2] с. 94, табл. Е8.

Результати заносимо в таблицю 1.5.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Припуски і розміри заготовок

Оброблювана поверхня, її розміри, точність	Параметри шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розміри заготовки із граничним відхиленням
1	2	3	4	5
1. Заготовка відливок 11 клас точності розмірів, 5 ряд припусків				
Основа 86h14	Ra 25	3,6	5,5	91,5 _{-3,6}
Під кришку 52h14	Ra 25	3,2	5,5	57,5 _{-3,2}
1	2	3	4	5
Торці 132h14;	Ra 25	4,0	5,5	137,5 _{-4,0}
140h14	Ra 25	4,0	5,5·2=11	151 _{-4,0} ;
51h14	Ra 25	3,2	5,5	56,5 _{-3,2}
Отвори Ø52H7	Ra 0,8	3,2	7,0·2=14	Ø38 ^{+3,2}
Ø60H8,	Ra 1,6	3,2	7,0·2=14	Ø46 ^{+3,2} ;
Ø45H14	Ra 6,3	3,2	5,5·2=11	Ø34 ^{+3,2}
2. Заготовка відливок 7 клас точності розмірів, 2 ряд припусків				
Основа 86h14	Ra 25	1,1	1,6	87,6 _{-1,1}
Під кришку 52h14	Ra 25	1,0	1,4	53,4 _{-1,0}
Торці 132h14;	Ra 25	1,2	1,6	133,6 _{-1,2}
140h14	Ra 25	1,2	1,6·2=3,2	143,2 _{-1,2} ;
51h14	Ra 25	1,0	1,4	52,4 _{-1,0}
Отвори Ø52H7	Ra 0,8	1,0	2,0·2=4,0	Ø48 ^{+1,0}
Ø60H8,	Ra 1,6	1,0	2,0·2=4,0	Ø56 ^{+1,0} ;
Ø45H14	Ra 6,3	1,0	1,4·2=2,8	Ø42,2 ^{+1,0}

Визначаємо масу заготовки за формулою (кг):

$$Q_{заг} = m_{\partial} V_{np} \rho, \quad (1.2)$$

де V_{np} - об'єм припуску заготовки, $см^3$;

ρ - густина матеріалу заготовки, $г/см^3$,

для чавунних відливок $\rho = 7,0 г/см^3$ [2] с. 87, табл. Е1;

m_{∂} - маса деталі з креслення (7,1 кг).

Об'єми припусків заготовки 1 варіанту.

Основи:

$$V_{1.1} = (L - B) \cdot W \cdot H = (15,3 - 7,2) \cdot 13,6 \cdot 0,55 = 60,59 \text{ см}^3.$$

Під кришку:

$$V_{1.2} = (L \cdot B - L1 \cdot B1) \cdot H = (11,5 \cdot 11 - 9,4 \cdot 8,8) \cdot 0,55 = 24,1 \text{ см}^3$$

						КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Торців:

$$V_{1.3} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(8^2 - 3,8^2)}{4} 0,55 = 21,4 \text{ см}^3,$$

$$V_{1.4} = (a^2 - \frac{\pi d^2}{4}) h = 45,87 \text{ см}^3,$$

$$V_{1.5} = (aB - \frac{\pi d^2}{4}) h = 33,36 \text{ см}^3,$$

$$V_{1.6} = \frac{\pi D^2}{4} h = 2,48 \text{ см}^3,$$

Отворів:

$$V_{1.7} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} (L + B) = \frac{3,14(5,2^2 - 3,8^2)}{4} (3,6 + 2,1) = 56,38 \text{ см}^3,$$

$$V_{1.8} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(6^2 - 4,6^2)}{4} 3,2 = 37,28 \text{ см}^3,$$

$$V_{1.9} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(4,5^2 - 3,4^2)}{4} 0,9 = 6,14 \text{ см}^3.$$

Об'єми припусків заготовки 2 варіанту будуть.

Основи:

$$V_{2.1} = (L - B) \cdot W \cdot H = (15,3 - 7,2) \cdot 13,6 \cdot 0,16 = 17,6 \text{ см}^3.$$

Під кришку:

$$V_{2.2} = (L \cdot B - L1 \cdot B1) \cdot H = (11,5 \cdot 11 - 9,4 \cdot 8,8) \cdot 0,14 = 6,13 \text{ см}^3$$

Торців:

$$V_{2.3} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(8^2 - 3,8^2)}{4} 0,16 = 5,15 \text{ см}^3,$$

$$V_{2.4} = (a^2 - \frac{\pi d^2}{4}) h = 12,1 \text{ см}^3,$$

$$V_{2.5} = (aB - \frac{\pi d^2}{4}) h = 8,64 \text{ см}^3,$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000					

$$V_{2,6} = \frac{\pi D^2}{4} h = 0,63 \text{ см}^3,$$

Отворів:

$$V_{2,7} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} (L + B) = \frac{3,14(5,2^2 - 4,8^2)}{4} (3,6 + 2,1) = 17,9 \text{ см}^3,$$

$$V_{2,8} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(6^2 - 5,6^2)}{4} 3,2 = 11,6 \text{ см}^3,$$

$$V_{2,9} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h = \frac{3,14(4,5^2 - 4,22^2)}{4} 0,9 = 1,73 \text{ см}^3.$$

Крім цього необхідно врахувати об'єми отворів які є в обох варіантах заготовок.

$$V_{10} = \left(\frac{\pi D^2}{4} + LB\right) hh = \left(\frac{3,14 \cdot 1^2}{4} + 1,2 \cdot 1\right) 1,4 \cdot 4 = 11,12 \text{ см}^3,$$

$$V_{11} = \frac{\pi D^2}{4} hh = 1,13 \text{ см}^3,$$

$$V_{12} = \frac{\pi D^2}{4} hh = 1,79 \text{ см}^3,$$

$$V_{13} = \frac{\pi D^2}{4} hh = 2,7 \text{ см}^3,$$

$$V_{14} = \frac{\pi D^2}{4} h = 0,49 \text{ см}^3.$$

Тоді сума для V_{10-14} дорівнюватиме

$$11,12 + 1,13 + 1,79 + 2,7 + 0,49 = 17,24 \text{ см}^3$$

Тоді сума об'ємів припусків по варіантах заготовок становитиме:

$$V_{\text{пр.1}} = 60,59 + 24,1 + 21,4 + 45,87 + 33,36 + 2,48 + 56,38 + 37,28 + 6,14 + 17,24 = 304,84 \text{ см}^3$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

$$V_{\text{пр.2}} = 17,6 + 6,13 + 5,15 + 12,1 + 8,64 + 0,63 + 17,9 + 11,6 + 1,73 + 17,24 = 98,72 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу заготовок за двома методами виготовлення:

- відлинок в піщану форму при ручній формовці

$$Q_{\text{заг..1}} = 7100 + 304,84 * 7,0 = 9233,88 \text{ г} = 9,2 \text{ кг},$$

- відлинок в піщану форму при машинній формовці

$$Q_{\text{заг..2}} = 7100 + 98,72 * 7,0 = 7791 \text{ г} = 7,79 \text{ кг}.$$

Собівартість заготовок із виливок визначають за формулою (грн.):

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_{\text{б}} Q_i K_n}{1000} \right) - (Q - g) \frac{S_{\text{від}}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг;

g – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх.}}$ – ціна 1 тони відходів грн; Ринкова ціна $S_{\text{відх}} = 5000$ грн;

$C_{\text{б}}$ – базова ціна 1 тони відливок, грн; Ринкова ціна $C_{\text{б}} = 45000$ грн;

K_n – загальний коефіцієнт для поправки собівартості, що враховує точність, конструктивно-технологічно складність, матеріал, масу.

$$K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Для відливка 1-го варіанту:

$$K_1 = 1,0 \text{ [3] с. 351, дод. 17.1} \quad K_4 = 1,18 \text{ [3] с. 354, дод. 17.5}$$

$$K_2 = 1,42 \text{ [3] с. 352, дод. 17.2} \quad K_5 = 1,15 \text{ [3] с. 355, дод. 17.7}$$

$$K_3 = 1,0 \text{ [3] с. 352, дод. 17.3.}$$

$$K_n = 1 \cdot 1,42 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,15 = 1,927$$

Собівартість заготовки 1-го варіанту буде :

$$C_{\text{заг1}} = \left(\frac{45000 \cdot 9,2 \cdot 1,927}{1000} \right) - (9,2 - 7,1) \frac{5000}{1000} = 787 \text{ грн.}$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для відливка 2-го варіанту:

$K_1 = 1,32$ [3] с. 351, дод. 17.1 $K_4 = 1,18$ [3] с. 354, дод. 17.5
 $K_2 = 0,81$ [3] с. 352, дод. 17.2 $K_5 = 1,1$ [3] с. 355, дод. 17.7
 $K_3 = 1,0$ [3] с. 352, дод. 17.3

$$K_n = 1,32 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,1 = 1,387$$

Собівартість заготовки 2-го варіанту буде:

$$C_{заг2} = \left(\frac{45000 \cdot 7,79 \cdot 1,387}{1000} \right) - (7,79 - 7,1) \frac{5000}{1000} = 483 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу, визначається за формулою:

$$K_{BM} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}},$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі, кг,

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг.

Для заготовки 1-го варіанту

$$K_{BM} = \frac{7,1}{9,2} = 0,77.$$

Для заготовки 2-го варіанту

$$K_{BM} = \frac{7,1}{7,79} = 0,9.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.6.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Порівняльна таблиця методів одержання заготовки

Назва позиції	1 ^{ий} варіант	2 ^{ий} варіант
Вид заготовки	Відливка з ручним формуванням	Відливка з машинним формуванням
1	2	3
Маса	9,2	7,79
Вартість деталі, грн	787	483
Коефіцієнт використання матеріалу	0,77	0,9

Висновок:

заготовка — відливок в піщану форму з машинним формуванням, отримується дешевше з вищим коефіцієнтом використання матеріалу, тому даний вид заготовки приймається для подальшої розробки технологічного процесу.

1.6. Розробка маршрутного технологічного процесу

Враховуючи тип виробництва – середньосерійний, технічні вимоги до деталі із табл. 1.1 та керуючись принципами сталості суміщення баз і технологічної сумісності операцій, складаємо маршрут виготовлення деталі «Корпус».

Використовуючи накопичений досвід у проектуванні технологічних процесів у сфері технологій машинобудування розпишемо принципову схему технологічного процесу, яку можна представити у вигляді переліку основних операцій.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 005 Фрезерна з ЧПК – фрезерувати поверхню (20), центрувати і свердлити отвори (21...24), зенкувати фаски (25...28), нарізати різьбу в отворах (21...24) послідовно.

Операція 010 Фрезерна з ЧПК – фрезерувати поверхні (2) і (32) послідовно, центрувати і свердлити отвори (3...6), центрувати і свердлити отвори (33...36), фрезерувати пази (3...6), зенкувати фаски (37...40), нарізати різьбу в отворах (33...36).

Операція 015 Розточувальна з ЧПК – фрезерувати торець(1), розточити отвори (15) і (16) і (19) попередньо, розточити канавку (17) і дно (18), розточити отвори (15) і (16) напівчисто і остаточно, центрувати і свердлити отвори (7...10), зенкувати фаски (11...14), нарізати різьбу в отворах (7...10), повернути заготовку на 90 градусів, фрезерувати поверхню (43), розточити отвори (41) і (42), попередньо розточити отвори (44...51), зенкувати фаски (52...60), нарізати різьбу в отворах (44...51), повернути заготовку на 90 градусів, центрувати і свердлити отвір (30), зенкувати торець (29), зенкувати фаску (31) нарізати різь в отворі (30) послідовно.

Операція 020 Алмазно-розточувальна- тонке розточування отворів (15),(16), (41).

Здійснюємо вибір необхідного обладнання.

При виборі обладнання враховуємо конструкцію деталі, габаритні розміри, технічні вимоги до деталі, маршрут обробки та середньосерійний тип виробництва в технологічному процесі.

Для виготовлення деталі «Корпус», для здійснення операцій 005 і 010 при виконанні операцій фрезерування, свердління, зенкування, нарізання різьби в отворах пропонується використати верстати вертикально-фрезерні з ЧПК. Заготовки базуються і кріпляться у збірно-розбірному пристосуванні, затиск заготовки механічний.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання операцій 015 розточувальної з ЧПК, фрезерування площин, розточування отворів і канавок, цетрування, свердління і нарізання різьби в отворах мітчиком, пропонується використати верстат горизонтально-розточувальний з ЧПК, що має поворотний стіл. Заготовка базується і кріпиться у збірно-розбірному пристосуванні. Затиск заготовки механізований.

Для виконання операцій 020-алмазно-розточувальна, для тонкого розточування отворів приймається горизонтально-розточний напівавтомат з рухомим столом.

Заготовка встановлюється і кріпиться у спеціалізованому пристосуванні.

Визначимо міжопераційні припуски та проміжні розміри. Згідно завдання необхідно встановити міжопераційні припуски і проміжні розміри на точні поверхні табличним методом, які вибираються із [7] с.90; с.55...59. Результати зводяться в таблицю.

Таблиця 1.7 – Розрахункові припуски і розміри табличним методом на механічну обробку

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Проміжні розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Ø52H7^(+0,003) розточування отвору					
Розточування тонке	7	Ra 0,8	0,030		Ø52 ^{+0,003}
Розточування чистове	8	Ra 1,6	0,046	0,06	Ø51,94 ^{+0,046}
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,190	0,2	Ø51,8 ^{+0,19}
Розточування чорнове	14	Ra 12,5	0,74	1	Ø51 ^{+0,74}
Заготовка поз.15,17,41	кл.7	Rz 200	1,0	2,0·2=4	Ø48 ^{+1,0}

60H8 (+0,046) розточування отвору					
Розточування чистове	8	Ra 1,6	0,046		$\varnothing 60^{+0,046}$
Розточування напівчистове	11	Ra 6,3	0,190	0,2	$\varnothing 59,8^{+0,019}$
Розточування чорнове	14	Ra 12,5	0,74	1	$\varnothing 59^{+0,74}$
Заготовка поз.42	Кл.7	Rz 200	1,0	2,0·2=4	$\varnothing 56^{+1,0}$

Розробимо операційну технологію на одну операцію. Для прикладу представимо операційну технологію для операції 015 – розточувальна з ЧПК. Для виконання операції прийнятий горизонтально-розточувальний верстат моделі PBS 110 (f) з поворотним столом.

Технологічними базами є попередньо оброблена площина і 2 отвори. Пристосування збірно-розбірне з механізованим затиском.

Операція 015 складається з наступних переходів:

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Фрезерувати торець (1) витримуючи розмір 132–1,0.
3. Розточити отвори (15)(16)(19) попередньо, витримуючи розміри: $\varnothing 51^{+0,74}$; $\varnothing 45^{+0,62}$, $71^{+0,74}$.
4. Розточити канавки (17)(18), витримуючи розмір $\varnothing 55^{+0,74}$, $71^{+0,74}$, $4^{+0,3}$.
5. Розточити отвори (15)(16) напівчисто, витримуючи розміри $\varnothing 51,8^{+0,19}$, $68^{+0,74}$.
6. Розточити отвори (15)(16) начисто, витримуючи розміри $\varnothing 51,94^{+0,046}$,
7. Центрувати отвори (7...10), витримуючи розміри R33 $\pm 0,33$, $\varnothing 2^{+0,2}$, $5^{+0,3}$.
8. Свердлити отвори (7...10), витримуючи розміри $10^{+0,36}$, $\varnothing 5^{+0,3}$
9. Зенкувати факси (11...14), витримуючи розміри 1×45.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Нарізати різь в отворах (7...10), витримуючи розміри М6-6Н; 8 +0,36.
11. Повернути заготовку на 90°.
12. Фрезерувати поверхню(43), витримуючи розмір 140 -0,74.
13. Розточити отвори (41)(42) попередньо, витримуючи розміри: Ø51 +0,74; ø59 +0,74.
14. Розточити отвори (41)(42) напівчисто, витримуючи розміри ø51,8 +0,19 ,ø59,8 +0,19 .
15. Розточити отвори (41)(42) начисто, витримуючи розміри ø51,94 +0,046 ,ø60 +0,046 ,
16. Центрувати отвори (44...51), витримуючи розміри, 8 +0,36 , 42 -0,62 , 42 +0,2 , 5 +0,3 .
17. Свердлити отвори (44...51), витримуючи розміри 12 +0,43, ø5+0,3.
18. Зенкувати факси (52...60), витримуючи розміри 1×45 .
19. Нарізати різь в отворах (44...51), витримуючи розміри М6-6Н; 10 +0,36 .
20. Повернути заготовку на 90°.
21. Центрувати отвір (30), витримуючи розміри 72 ±0,1, Ø2 +0,2, 5 +0,3.
22. Свердлити отвір (30), витримуючи розміри ø9+0,3.
23. Цекувати торець отвору (29), витримуючи розміри 51 -0,74.
24. Зенкувати факсу (31), витримуючи розміри 1,5×45 .
25. Нарізати різь в отворі (30), витримуючи розміри М10×1-Н7.
- 26.Зняти деталь.
27. Перевірити розміри: ø51,94 +0,046 ; ø60 +0,046 ; М6-6Н; М10×1-Н7; ø45+0,62; 8 +0,36; 10 +0,36; 42 -0,62; 35 -0,62; 72 ±0,1; 1,5×45; 1×45; 132-1,0; R33±0,3; 140-0,74

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль 25%.

Результати вибору різальних, а також допоміжних і контрольно-вимірювальних інструментів буде представлено у розділі 3.

Розрахуємо елементи режимів різання.

Для одного технологічного переходу щодо операції 015 – Розточувальна з ЧПК (перехід 3) застосуємо аналітичний метод.

Цей перехід полягає в такому – розточити отвори (15)(16)(18)(19) попередньо, витримуючи розміри $\varnothing 51,0 +0,74$; $\varnothing 45,0 +0,62$; $\varnothing 71,0 +0,74$.

Для розточування поверхні (3) вибрано держаків різця типу 3 з розмірами 10×10 , в поперечному перерізі, довжиною 32 мм. Головний задній кут в плані $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $r = 0,5$ мм. Форма передньої поверхні – плоска, матеріал леза різця ВК8, для чавунів.

Режими різання наступні:

1) Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x.} = l_{різ} + y + l_{дод},$$

де $l_{різ.1}$ - довжина шляху різання,

$l_{різ.1} = 71 - 35 = 36$ мм, з креслення деталі.

$l_{різ} = 10$ мм, з креслення заготовки.

$y = u_{вр.} + u_{підв.} + u_{пер.} -$ довжина врізання, підводу і перебігу інструменту.

$u_{вр} = 0$ мм – оскільки різці в держаку встановлені під кутом 45° .

$u_{під} = 1,0 + 1,0 = 2$ мм, підвод до двох поверхонь.

$u_{пер} = 0$, робота до упору.

$u_{пер} = 1$ мм

$u_{дод.} = 0$.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Отже,

$$y_1 = 0 + 2 + 0 = 2 \text{ мм}; \quad y_2 = 1 + 1 + 0 = 2 \text{ мм}.$$

Таким чином,

$$L_{p.x.1} = l_{piz} + y + l_{доd} = 36 + 2 + 0 = 38 \text{ мм},$$

де $L_{p.x.1}$ - довжина робочого ходу першого інструменту.

$$L_{p.x.2} = l_{piz} + y + l_{доd} = 10 + 2 + 0 = 12 \text{ мм},$$

$L_{p.x.2}$ - довжина робочого ходу другого інструменту.

Отже лімітуючим інструментом буде перший, для нього визначаються режими різання.

2) Глибина різання, для двох поверхонь (мм).

$$t = \frac{D - d}{2},$$

$$t_1 = \frac{51 - 48}{2} = 1,5 \text{ мм},$$

3) Подача на оберт шпинделя. [8] с.32 табл.2.7

$$S_0 = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ мм/об}$$

4) Швидкість різання при стійкості інструменту $T=40$ хв. [8] с.52

$$V = V_{таб} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

де $V_{таб} = 105$ м/хв. [8] с.41 табл.2.11;

$K_1 = 1,0$ [8] с.50 табл.2.14 – коефіцієнт на матеріал.

$K_2 = 0,85$ [8] с.50 табл.2.15 – коефіцієнт на стан поверхні.

$K_3 = 0,81$ [8] с.51 табл.2.16 – коефіцієнт на кут φ .

$K_4 = 1,0$ [8] с.51 табл.2.17 – коефіцієнт на стійкість інструменту.

$K_5 = 0,8$ [8] с.51 табл.2.18 – коефіцієнт на розмір отвору.

Тоді,

$$V = 105 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 57,8 \text{ м/хв}$$

5) Визначасмо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ (об / хв)},$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 57,8}{3,14 \cdot 51} = 360,9(\text{об} / \text{хв}).$$

Приймається ближча менша частота обертання $n = 360$ об/хв.

6) Визначаємо фактичну швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} (\text{м} / \text{хв}),$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 360}{1000} = 57 \text{ м} / \text{хв}.$$

7) Швидкість подачі

$$V_s = s_0 n (\text{мм} / \text{хв}),$$

$$V_s = 0,48 \cdot 360 = 173 (\text{мм} / \text{хв}),$$

8) Потужність різання. [8] с.41 табл.2.1

$$N_{\text{різ.}} = 1,6 \text{ кВт}$$

А для двох інструментів, що є в налазці:

$$N_{\text{різ.}} = 3,2 \text{ кВт}$$

Висновок: виконання переходу забезпечується, оскільки $n_{\text{шт}} = 17 \text{ кВт}$.

9) Визначаємо основний час на обробку:

$$T_o = \frac{L_{px}}{V_s} (\text{хв}),$$

$$T_o = \frac{38}{173} = 0,22 \text{ хв}$$

Для всіх інших переходів і операцій режими різання визначаються аналогічно за таблицями [6;8;9] і результати водимо в таблицю 1.8.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Режими різання по операціях

Номер, назва операції, зміст 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
005 Фрезерна з ЧПК										
2 Фрезерувати поверхню (20), витримуючи розмір 52 ^{+0,74}	1,4	455	1	80	0,2	1600	100	320	1,42	2,1
3. Центрувати отвори (21...24), витримуючи розміри 3 ^{+1,0} ; 2 ^{+0,2} ; 5 ^{+0,3}	1,0	6	4	20	0,12	2000	12,5	240	0,1	1,7
4. Свердлити отвори (21...24), витримуючи розміри 5 ^{+0,3} ; 10 ^{+0,36}	2,5	11	4	20	0,2	1400	22	280	0,16	1,0
5. Зенкувати фаски (25...28), витримуючи розмір 1x 45°	1,0	4	4	30	0,3	1000	22	300	0,05	0,9
6. Нарізати різь в отворах (21...24), витримуючи розміри М6-Н6; 8 ^{+0,36}	0,5	15	8	60	0,1	250	4,7	250	0,48	1,8
010 Фрезерна з ЧПК										
2. Фрезерувати поверхні (2) і (32), витримуючи розміри 86 ± 0,43; 140 _{-1,0}	1,6	410	1	120	0,6	800	100,5	480	0,29	2,6
3. Центрувати отвори (3...6)(33...36), витримуючи розміри 130 ^{+1,0} ; 100 ^{+0,87} ; 12 ^{+0,43} ; Ø70 ± 0,37; ∠45°; 2 ^{0,2} ; 5 ^{+0,3}	1,0	6	8	20	0,12	2000	12,5	240	0,2	1,7

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000						

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. . Свердлити отвори (3...6), витримуючи розмір $\varnothing 10^{+0,36}$	4	19	4	35	0,4	1400	44	560	0,14	1,95
5. Фрезерувати пази (3...6) витримуючи розміри $10^{+0,36}; 12^{+0,43}$	10	27	4	35	0,1	1600	50	160	0,67	2,0
6. Свердлити отвори (33...36), витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0,3}; 8^{-0,36}$	2,5	10	4	20	0,2	1400	22	280	0,14	1,0
7. Зенкувати фаски (37...40), витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$	1,0	4	4	30	0,3	1000	22	300	0,05	0,9
8. Нарізати різь в отворах (33...36), витримуючи розміри М6-Н6; $7^{-0,36}$	0,5	14	8	60	1,0	250	4,7	250	0,45	1,8
015 Розточувальна з ЧПК										
2.Фрезерувати торець (1) витримуючи розмір $132_{-1,0}$	1,6	102	1	180	2,8	400	100,5	1120	0,09	3,4
3. Розточити отвори (15)(16)(18)(19) попередньо, витримуючи розміри $\varnothing 51^{+0,74}; \varnothing 45^{+0,62} 71^{+0,74}$	1,5	38	1	40	0,48	360	57	173	0,22	3,2
4. Розточити канавку (17)., витримуючи розміри $\varnothing 55^{+0,74}; 4^{+0,3}; 71^{+0,74}$	4	5	1	40	0,2	300	52	60	0,08	1,8
5. Розвернути отвори (15)(16) напівчисто, витримуючи розміри $\varnothing 51,8^{+0,019}; 68^{-0,74}$	0,4	34	1	40	0,2	1000	163	200	0,17	2,6

					КРБ 20-202.00.00.000					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6. Розвернути отвори (15)(16) начисто, витримуючи розмір $\varnothing 51,94^{+0,046}$.	0,07	34	1	40	0,1	1200	196	120	0,28	1,2
7. Центрувати отвори (7...10) витримуючи розмір $R33 \pm 33$; $\varnothing 2^{0,2}$; $5^{+0,3}$.	1,0	6	4	20	0,12	2000	12,5	240	0,1	1,7
8. Свердлити отвори (7...10) витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0,3}$; $10^{-0,36}$.	2,5	11	4	20	0,2	1400	22	280	0,16	1,6
9. Зенкувати фаски (10...11), витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$.	1	4	4	30	0,3	1000	22	300	0,05	0,9
10. Нарізати різь в отворах (7...10), витримуючи розмір М6-Н6; $8^{-0,36}$.	0,5	15	8	60	1,0	250	4,7	250	0,48	1,8
12. Фрезерувати поверхню (43), витримуючи розмір $140_{-0,74}$.	1,6	352	1	100	0,38	800	80	304	1,16	2,5
13. Розточити отвори (41)(42) попередньо витримуючи розміри $\varnothing 51^{+0,74}$; $\varnothing 59^{-0,74}$.	1,5	33	1	40	0,5	400	74	200	0,16	3,3
14. Розточити отвори (41)(42) напівчисто, витримуючи розміри $\varnothing 51,8^{+0,19}$; $\varnothing 59,8^{+0,19}$.	0,4	33	1	40	0,2	1000	188	200	0,16	1,8
15. Розточити отвори (41)(42) начисто, витримуючи розміри $\varnothing 51,94^{+0,046}$; $\varnothing 60^{+0,046}$.	0,2	33	1	40	0,1	1200	226	120	0,27	1,2

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16.Центрувати отвори (44...51), витримуючи розміри $8^{+0,36}$; $42_{-0,62}$ $\varnothing 2^{+0,2}$; $5^{+0,3}$	1,0	6	8	20	0,12	2000	12,5	240	0,2	1,7
17. Свердлити отвори (44...51), витримуючи розміри $\varnothing 5^{+0,3}$; $12^{+0,43}$	2,5	13	8	20	0,2	1400	22	280	0,37	1,8
18. Зенкувати фаски (52...60) послідовно, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$.	1	4	8	30	0,3	1000	22	300	0,1	0,9
19. Нарізати різь в отворах (44...51), витримуючи розмір M10-6H; $10^{-0,36}$.	0,5	17	16	60	1,0	250	4,7	250	1,1	1,8
21. Центрувати отвір (30), витримуючи розміри $72 \pm 0,1$; $\varnothing 2^{+0,2}$; $5^{+0,3}$	1,0	6	1	20	0,12	2000	12,5	240	0,1	1,7
22. Свердлити отвір (30), витримуючи розмір $\varnothing 9^{+0,3}$	4,5	12	1	35	0,4	1000	28,3	400	0,03	1,9
23. Цекувати торець (29), витримуючи розмір $51_{-0,74}$	1,4	9	1	35	0,1	400	30	40	0,23	2,3
24. Зенкувати фаску (31), витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$	1,5	6	1	30	0,3	1000	41	300	0,02	1,1
25. Нарізати різь в отворі (30), витримуючи розмір M10 \times 1-7H	0,5	11	2	60	1,0	200	6,3	200	0,11	2,1

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Алмазно – розточувальна										
2;4. Розточити отвори (15),(16),(41) остаточно, витримуючи розміри $\varnothing 52^{+0,03}; 20 \pm 0,25$	0,03	22	3	60	0,01	2000	326,6	20	3,3	0,8

Висновок

1. Проаналізовані об'єкт виробництва і конструкційні особливості та матеріал деталі.
2. Визначений тип виробництва та розроблена принципова схема технологічного процесу.
3. Запропонована операційна технологія для однієї операції.
4. Розраховані режими різання .

					КРБ 20-202.00.00.000					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						





2. Верстатне забезпечення

2.1. Вибір моделі верстату-аналога

Для технологічних операцій 005 Фрезерна з ЧПК і 010 Фрезерна з ЧПК обираємо верстат-аналог. Фрезерні верстати бувають різної конструкції. Деякі з них показані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Огляд конструкцій фрезерних верстатів

ОСНОВНІ ФРЕЗЕРНІ ВЕРСТАТИ	
Верстат універсальний фрезерний	Верстат горизонтальний фрезерний
	
Верстат консольно-фрезерний	Верстат вертикально-фрезерний
	

					КРБ 20-202.00.00.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВЕРСТАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Бобелюк						
Перевірів		Буховець						
Н.конт.		Кобельник				ТНТУ, гр.МВс-41		
Зав.каф.		Кобельник						

Шуканий верстат-аналог повинен бути призначений для оброблення за складеною наперед програмою деталей складної криволінійної форми. Це може стосуватись деталей типу дисків, плит, корпусів (як в нашому випадку) важелів та інших. На подібних верстатах здійснюється фрезерування площин, а також фрезерування пазів певних зовнішніх контурів криволінійної конфігурації, вимок. При цьому фрезерування здійснюється із достатньо високою точністю. Тому зважаючи на характер роботи верстату у вказаних технологічних операціях обираємо верстат вертикально-фрезерний з ЧПК, який відповідає зазначеним вимогам. Модель верстату-аналогу – МА-655СМ30А. Його основні характеристики зазначені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Витяг із опису технічних характеристики верстату-аналогу

Характеристики	Одиниці
Клас точності	Н
Розміри повзуна	
- довжина (мм)	1250
- ширина (мм)	500
Максимальна відстань до поверхні стола	
від торця шпинделя (мм)	790
Максимальна маса заготовки (кг)	500
Максимальні переміщення:	
X (поздовжнє стола) (мм)	1000
Y (поперечне повзуна) (мм)	500
Z (каретки вертикальне) (мм)	630
Частоти обертання шпинделя (об/хв)	20...2500

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність приводу головного руху (кВт)	17
Максимальний крутний момент на шпинделі (Нм)	950
Швидкості робочих переміщень (мм/хв)	до 10000
Максимальний діаметр інструменту (мм)	160

2.3. Визначення діапазону регулювання

Проведемо розрахунок кінематики верстату, користуючись даними, визначеними попередньо.

Розпочинаємо із розрахунку діапазону регулювання головного приводу. При цьому використовуємо інформацію щодо визначених у технологічному розділі 1 режимів різання.

При визначенні діапазону використовуємо відому залежність [11Пуш]

$$R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}, \quad (2.1)$$

де n_{\max} і n_{\min} відповідно найбільше і найменше із кількості обертів шпинделя верстату.

Визначення граничних чисел обертів базуємо на врахуванні максимального і мінімального значень діаметрів фрез, що використовуються на верстаті, та граничних значень швидкостей різання.

Для розглядуваної і подібних деталей при врахуванні діаметрів обробки зазначаємо дискову фрезу ($D_{\max}=160\text{мм}$) із пластинами твердого сплаву Т15К6 і кінцеву фрезу ($D_{\min}=20\text{мм}$) із швидкорізальної сталі Р18.

Зважаючи на визначені у технологічному розділі швидкості різання, використовуємо у подальших розрахунках такі значення для максимальної $v_{\max}=1256$ м/хв і мінімальної $v_{\min}=1,25$ м/хв величин швидкості.

Для верхньої і нижньої границь кількості обертів використаємо залежності (об/хв):

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\max} = \frac{1000v_{\max}}{\pi D_{\min}}, \quad (2.2)$$

$$n_{\min} = \frac{1000v_{\min}}{\pi D_{\max}}. \quad (2.3)$$

Отже матимемо

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 1256}{3,14 \cdot 20} = 2500 \text{об} / \text{хв},$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 160} = 20 \text{об} / \text{хв}.$$

Таким чином визначаємо значення діапазону регулювання головного приводу:

$$R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{2500}{224} = 11,2.$$

2.4. Побудова структурних сіток

Структурні сітки служать основою для розробки графіків чисел обертів стосовно кінематичної схеми.

Попередньо визначаємо значення φ знаменника ряду геометричної прогресії . Вибір його диктується вимогами точності регулювання швидкостей, а також залежить від типу верстату.

Для обраного нами аналога рекомендоване значення $\varphi=2$, яке ми також приймаємо до розрахунку.

Відповідно можемо визначити кількість ступенів приводу:

$$z = 1 + \frac{\lg R}{\lg \varphi} = 1 + \frac{\lg 11,2}{\lg 2} = 4,4.$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можемо заокруглити вказане значення до 4. Це дасть нам можливість коректно запропонувати структурну формулу приводу. Загалом, структурна формула приводу записується у вигляді добутку кількості передач по групах:

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

де величини P_1, P_2, P_3 означають кількість передач у групах, а X_1, X_2, X_3 – це характеристики груп.

Конструкторами визначені умови, які дозволяють забезпечити мінімальні габарити щодо відповідних коробок. Для цього необхідно виконувати такі умови:

$$1) P_1 > P_2 > P_3 \dots,$$

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

Отже, якщо опертись на вказані нерівності, то можна запропонувати декілька варіантів структур.

Зважаючи, що $Z=4$, то загальну формулу структур можна представити так:

$$Z = 2 \cdot 2 \cdot 1.$$

Відомо, що при цьому кількість варіантів можна розрахувати скориставшись формулою, з врахуванням того, що m – це кількість груп, а q це кількість однакових груп:

$$k = \frac{m!}{q!} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 1}{2 \cdot 1} = 3.$$

Ці три варіанти можна представити формулами

a) $Z=2 \cdot 2 \cdot 1$

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

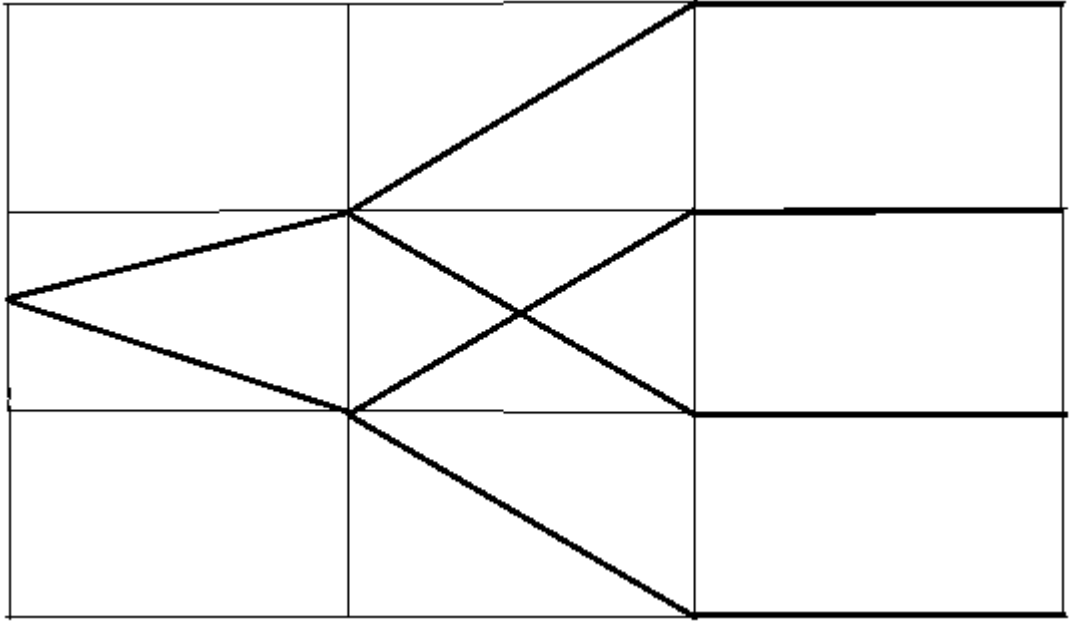


Рис. 2.1 – Структурна сітка (варіант 1)

б) $Z=2 \cdot 1 \cdot 2$

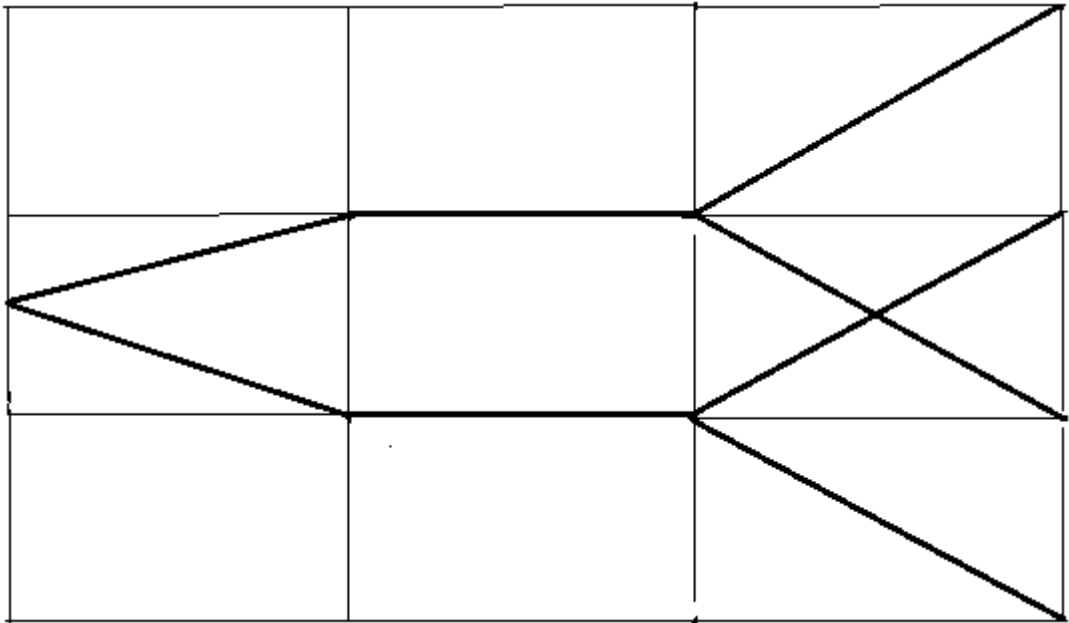


Рис. 2.2– Структурна сітка (варіант 2)

в) $Z=1 \cdot 2 \cdot 2$

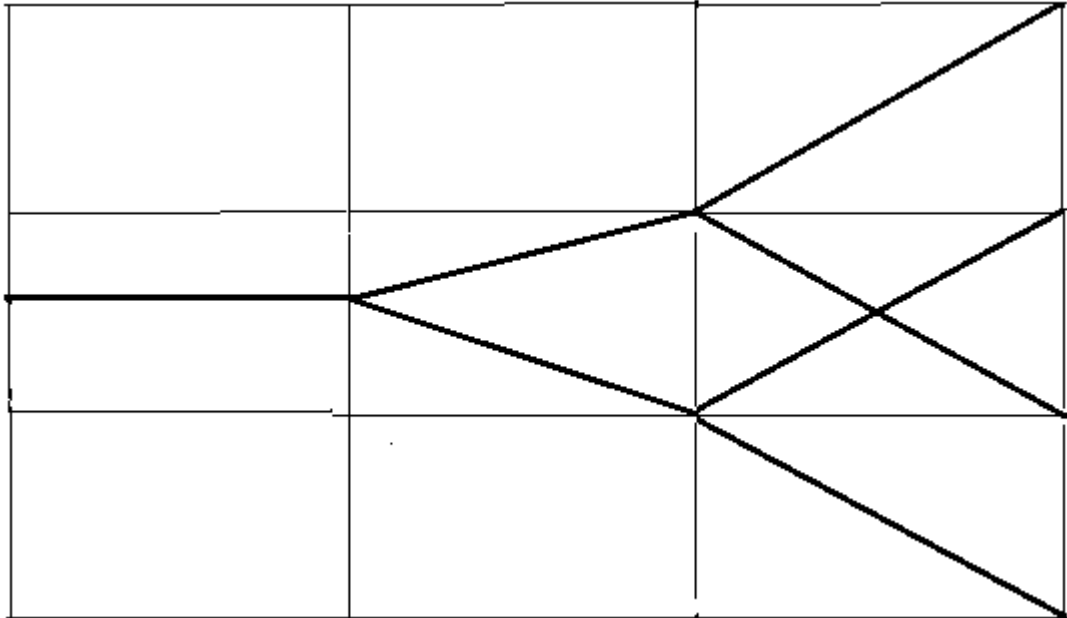


Рис. 2.3– Структурна сітка (варіант 3)

Досвід конструктивного виконання коробок для верстатів подібного типу підказує вибір такого варіанту для структурної формули:

$$Z = 1(1) \cdot 2(1) \cdot 2(2).$$

Отже, за обраний приймаємо зазначений варіант.

Структурну сітку представляємо у логарифмічній шкалі. Інтервал між сусідніми лініями дорівнює $\lg \phi$. Кількість вертикалей дорівнює кількості груп додати одиницю.

2.5. Побудова графіку чисел обертів і кінематичної схеми

Для виконання графіку врахуємо оптимальну швидкість двигуна 1000об/хв. Не будемо при цьому враховувати діапазон регулювання власне електродвигуна.

Скористаємось при побудові зазначеною нижче методикою.

По перше необхідно уточнити кількість обертів шпинделя, з врахуванням стандартних значень знаменника. При цьому зважаємо на найближче для норми значення $n=200$ об/хв.

Тоді при $Z=4$ матимемо такий ряд чисел (об/хв.) :

90; 200; 450; 1000.

Далі представляємо оптимальний варіант структурної формули, а саме

					КРБ 20-202.00.00.000		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Z = 1(1) \cdot 2(2) \cdot 2(4).$$

Далі наносимо на структурне поле характеристики груп відповідно до кількості груп. Тоді матимемо ескіз графіку чисел обертів (рис. 2.4):

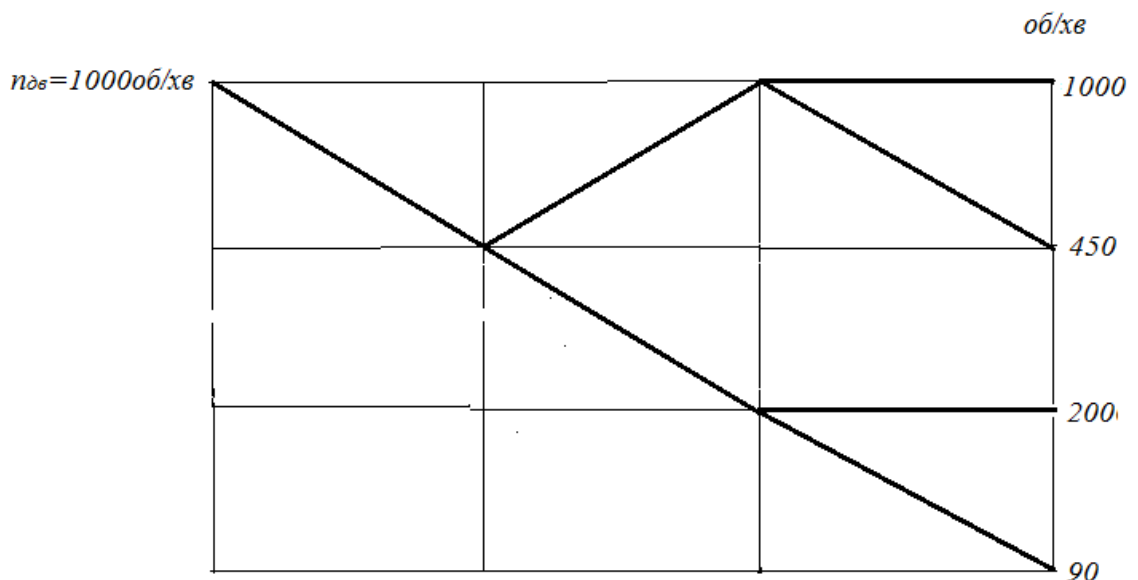


Рис. 2.4— Графік чисел обертів

Проаналізуємо групові передачі.

Зважаємо на кількість клітинок які перетинає промінь понижуючої передачі.

Бачимо, що побудований графік відповідає необхідній умові щодо передаточних відношень: $\frac{1}{4} \leq i \leq 2$.

Такі побудови дозволяють сформувати в цілому кінематичну схему приводу, а також визначити передаточні відношення (рис. 2.5).

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

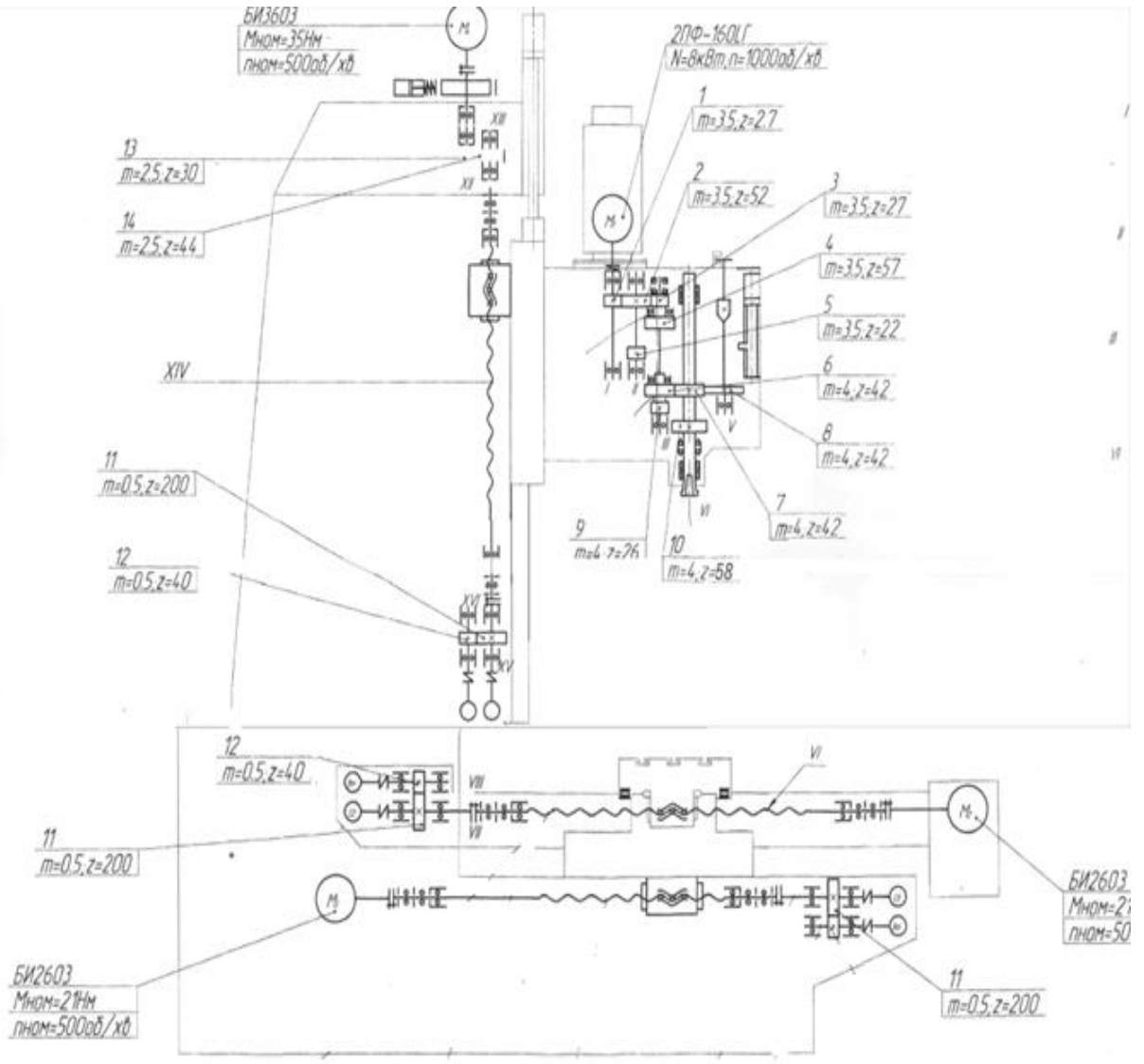


Рис. 2.5. Ескіз кінематичної схеми

					Арк.	
					КРБ 20-202.00.00.000	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Визначення чисел зубів передач

Для визначення кількості зубів передач на загал користуються різними методами. Серед них – табличний, метод спільного кратного, або ж підбору чи по лімітую чому передаточному відношенні.

Графік чисел обертів дає змогу визначити конкретні передаточні відношення.

Відомо, що знаючи знаменник φ можна визначати передаточні відношення як для передач пониження, так і для передач пришвидшення.

Так, для понижаючих передач

$$u = \frac{1}{\varphi^x},$$

де x – число клітинок опускання променя передачі на структурному полі.

Відповідно для передач прискорення чинна залежність

$$u = \varphi^x,$$

де x – кількість клітинок піднімання променя відповідної передачі на структурному полі.

Таким чином, маємо можливість визначити передаточні відношення відповідних передач:

$$u_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{2},$$

$$u_2 = \frac{z_3}{z_4} = \varphi = 2,$$

$$u_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{2},$$

$$u_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^0} = 1,$$

$$u^5 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{2}.$$

Приступаємо до визначення відповідних чисел зубів.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 20-202.00.00.000

Приймаємо з конструктивних умов $z_1=27$.

Відповідно матимемо, що $z_2=54$, а згідно до рекомендацій матимемо $z_2=52$.

Щоб знайти числа зубів z_3 , z_4 і z_5 необхідно записати систему лінійних рівнянь:

$$\sum z = z_2 + z_3 = z_4 + z_5,$$

$$\frac{z_2}{z_3} = u_2; \frac{z_4}{z_5} = u_3$$

З даної системи рівнянь визначаємо $z_3=52/2=26$.

Приймаємо $z_3=27$.

Тоді можемо записати:

$$\sum z = z_2 + z_3 = 52 + 27 = 79, i$$

$$z_4 = \frac{\sum z \cdot u_3}{1 + u_3} = \frac{72 \cdot 0,5}{1 + 0,5} = 26,6.$$

Приймаємо $z_4=22$.

А відповідно

$$z_5 = \frac{27}{0,5} = 54.$$

Приймаємо $z_5=57$.

Аналогічним чином для визначення чисел зубів z_6 , z_7 , z_8 і z_9 теж складаємо систему рівнянь. Приймаємо $z_6=42$ і після відповідних обчислень і з використанням рекомендацій отримуємо, що

$$z_7=42; z_8=26; z_9=58.$$

Визначені числа зубів наносимо на кінематичну схему.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

2.7. Опис приводу головного руху

Опис розпочинаємо з фрезерної головки. Головка монтується на каретці стійки. Разом з кареткою головка рухається вздовж вертикальних напрямних стійки. Власне вертикальне переміщення самої стійки здійснюється гвинтом. Цей рух відбувається від приводу вертикальних подач.

Ряд механізмів розміщені у самій фрезерній головці. Це, зокрема, шпиндельний вузол, коробка швидкостей і механізми: затиску інструменту та орієнтації шпинделя.

Шпиндель монтується у передній частині головки.

Для отримання більшого діапазону кутових швидкостей шпинделя всередині корпусу головки розміщено коробку швидкостей.

Від тиристорного двигуна постійного струму обертовий момент передається на шпиндель через пружню муфту і зубчасті передачі.

У коробці швидкостей передбачене переключення двох зубчастих блоків. Таким чином при певних обертах двигуна отримуємо 4 швидкості обертання шпинделя. З врахування діапазону власне двигуна (2,5 рази ввєрх від номінальної частоти і 4,5 рази вниз можливо отримати на шпинделі частоти обертання в діапазоні від 20 до 2500 об/хв.

Блоки шестерень коробки переміщують з допомогою гідроциліндрів.

Такі переміщення і відповідно також зміни кількості обертів електродвигуна здійснюють із пристроєм ЧПК автоматично за програмою з пульту керування.

Передбачений також механізм орієнтації шпинделя. Він розміщений у правій передній частині головки. Механізм складається із гідроциліндру і копіювальної втулки. Питання полягає в тому, що для кожної наступної заміни фрези шпиндель повинен бути строго зорієнтованим у визначеному кутовому положенні.

Змащування фрезерної головки проводять від насосної станції.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8. Елементи силового розрахунку і розрахунок шпindelного вузла

Для здійснення силового розрахунку необхідно розрахувати критичні обертові моменти на валах приводу.

Маємо на увазі, що нами вибраний електродвигун постійного струму. Це двигун серії 2ПФ-160ЛГ, що передбачає безступеневе регулювання.

Для вибраного електродвигуна потужність складає $N_{\text{дв}}=8$ кВт, а номінальна норма числа обертів $n_{\text{ном}}=1000$ об/хв.

Передбачено, що вказаний електродвигун передбачає зниження обертів у 4,5 рази і збільшення обертів у 2, 5 рази порівняно із номінальною частотою.

Тепер можемо визначити розрахункові моменти обертання на валах. При цьому скористаємось відомою формулою:

$$T_{\text{об}} = 9550 \frac{N_{\text{дв}} \eta}{n_{\text{розр}}},$$

де η – ккд від двигуна до валу, який аналізується;

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

Визначимо приблизний коефіцієнт корисної дії з врахуванням втрат на зубчастих передачах і в опорах валів:

$$\eta = \eta_1 \eta_2^3 \eta_3^3 = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,997^3 = 0,945.$$

Тоді матимемо обертові моменти (Нм) на відповідних валах:

$$T_{\text{об1}} = 9550 \frac{7,2 \cdot 0,9}{224} = 276,$$

$$T_{\text{об2}} = 9550 \frac{7,2 \cdot 0,9}{112} = 552,$$

$$T_{\text{об3}} = 9550 \frac{7,2 \cdot 0,9}{56} = 1105,$$

$$T_{\text{об4}} = 9550 \frac{7,2 \cdot 0,9}{20} = 3094.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Розрахунку у приводі підлягають зубчасті пари. Зокрема, необхідно визначити модуль передач і відповідно призначити конструктивні параметри коліс.

В якості матеріалу як для колеса, так і для шестерні призначаємо сталь 40Х. При цьому передбачається термообробка гартування ТВЧ. Досяжна твердість як колеса, так і шестерні – HRC 46,5...51,5.

Зубчасті колеса були розраховані на контактні напруження і перевірені на втомну міцність при згині.

В результаті розрахунків прийнято, що для всіх зубчастих коліс коробки швидкостей використовується стандартний модуль $m=4$ мм.

Відповідно були розраховані і призначені конструктивні параметри зубчастих пар коробки швидкостей, які зазначені на кресленнях.

Наступним етапом є проектний розрахунок параметрів конструкцій проміжних валів.

Так розрахуємо вхідний вал коробки. Передача обертового моменту здійснюється через колесо z_1 . Призначаємо для виготовлення даного валу нормалізовану сталь 45. Для даної сталі відповідні напруження ϵ : $\sigma_T=363$ Мпа і $\sigma_B=598$ Мпа.

Таким чином, можемо розрахувати діаметр вала, який беруть за основу для подальших розрахунків:

$$d = \sqrt{\frac{16T}{\pi[\tau]}}$$

де $[\tau]=25$ Мпа – занижені допустимі напруження.

Таким чином шуканий діаметр

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot 276 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 30 \text{ мм.}$$

Конструктивно приймаємо $d=65$ мм.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Після визначення сил, що діють в зачепленні проведена перевірка статичної міцності вала і на втомну міцність, чим доведена достатня міцність валів.

Результати конструювання валів наведені на кресленнях.

Переходимо до розрахунку і конструювання шпиндельного вузла верстату.

Власне шпиндель виготовлений із сталі 40ХН2МА. Передбачається термообробка (HRC 46,5...51,5) внутрішнього конуса шпинделя, а також посадочних місць для встановлення підшипників/

В якості передньої опори застосовуємо пару із двох підшипників: шарикового упорно-радіального з кутом 60 град. і 2-х рядного роликового. Вказані підшипники розміщені у верстаті, у тілі якого зроблені канавки, а також отвори, у які підводиться змащування.

Задня опора шпинделя містить один 2-х рядний роликовий підшипник. Всередині шпинделя виконана розточка. У цій розточці монтується захват. Він виконаний у вигляді втулки з цангами і призначений для затиску інструменту.

Затиск інструменту проводять за допомогою циліндричної пружини затиску, а також шарикового клинового підсилювача. Цей підсилювач монтується у шпинделі. Розтискування інструменту здійснюється з допомогою гідроциліндра. Він знаходиться на верхньому торці фрезерної головки.

Проведемо розрахунок шпиндельного вузла.

Шукаємо орієнтовний діаметр шпинделя за формулою [14]:

$$D_{шт} = \frac{K_{ПР}^3 \cdot j_{ПР}}{500 \cdot (1 - \beta^4)},$$

де $K_{ПР} = l/D_{ШП} = 4...6$ – співвідношення між опорної відстані l і діаметра шпинделя;

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$j_{\text{ГР}} = 250 \dots 500 \text{ Н/мкм}$ – рекомендована нормативами верстатобудування жорсткість на ділянці між опорами.

Приймаємо величини $K_{\text{ГР}} = 4$ і $j_{\text{ГР}} = 500 \text{ Н/мкм}$ (для верстатів підвищеної точності). Зважаючи на значення коефіцієнту $\beta = D_{\text{В}}/D_{\text{ШП}} = 0,1 \dots 0,6$, також приймаємо $\beta = 0,6$.

Тоді матимемо:

$$D_{\text{ун}} = \frac{4^3 \cdot 500}{500 \cdot (1 - 0,6^4)} = 73,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо значення, що дорівнює стандартному $D_{\text{ШП}} = 80 \text{ мм}$.

Визначаємо внутрішній діаметр:

$$D_{\text{В}} = D_{\text{ШП}} \beta = 80 \cdot 0,6 = 48 \text{ мм.}$$

Конструктивно приймаємо орієнтовну відстань між опорами $l = 875 \text{ мм}$.

Діаметр шийки шпинделя під підшипники передньої опори приймаємо 85 мм. Відповідно для підшипників задньої опори діаметр шпинделя дорівнює 60 мм.

Проведемо оцінку шпинделя на жорсткість за критерієм кути закручування:

$$\theta = \frac{T_{\text{КР}} \cdot l_3}{G \cdot J_p} \leq [\theta].$$

Крутний момент $T_{\text{КР}} = 3094 \text{ Нм}$. Модуль пружності $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$.

Довжина частини шпинделя, що закручується $l_3 = 450 \text{ мм}$.

Визначимо момент перерізу J_p за формулою

$$J_p = \frac{\pi D_{\text{ун}}^4}{32} (1 - \beta^4).$$

Відповідно матимемо

$$J_p = \frac{3,14 \cdot 80^4}{32} \left(1 - \left(\frac{48}{80}\right)^4\right) = 3498312 \text{ мм}^4.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Тоді матимемо, що максимальний кут закручування

$$\theta_{\max} = \frac{3094 \cdot 10^3 \cdot 450}{8 \cdot 10^4 \cdot 3498312} = 49 \cdot 10^{-4} \text{ рад.}$$

Таким чином, бачимо, що за умовою крутної жорсткості вибраний шпindel ь задовольняє вимогам.

Для визначення величини прогину шпindel ь і відповідно його жорсткості на згин скористаємось розрахунковою схемою (рис. 2.6).

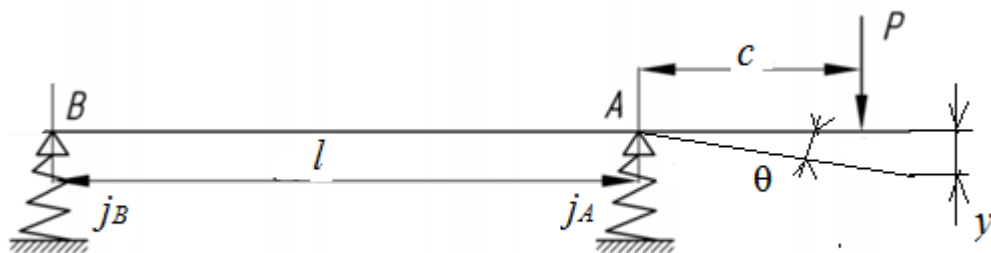


Рис. 2.6. Розрахункова схема шпindel ьного вузла

При розрахунку вважатимемо, що шпindel ь є від шкiва розвантаженим.

Прогин шпindel ь визначаємо, користуючись залежністю [15]

$$y = P \left[\frac{(l+c)^2}{j_A l^2} + \frac{c^2}{j_B l^2} + \frac{c^3}{3EJ_\kappa} + \frac{lc^2}{3EJ_p} \right].$$

У даній формулі приймаємо жорсткості опор рівними

$$j_A = j_B = 500 \text{ Н/мм} = 0,5 \text{ Н/мм.}$$

Усереднений момент інерції для між опорної відстані $J_p = 3,498 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$.

Визначаємо усереднений осьовий момент інерції щодо консолі

$$J_\kappa = \frac{3,14 \cdot 85^4}{32} \left(1 - \left(\frac{48}{85} \right)^4 \right) = 4601289 \text{ мм}^4.$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Раніше було зазначено, що матеріал шпинделя – сталь 40ХН2МА.

Отже, модуль Юнга дорівнює $E=2 \cdot 10^5$ Мпа.

Приймаємо конструктивно довжину консолі $c=320$ мм.

Таким чином, при зусиллі різання $P=2000$ Н, отримуємо таке значення прогину

$$y = 2000 \left[\frac{(450 + 320)^2}{500 \cdot 875^2} + \frac{320^2}{500 \cdot 875^2} + \frac{320^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 4,6 \cdot 10^6} + \frac{875 \cdot 320^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3,4 \cdot 10^6} \right] = 0,9 \cdot 10^{-1} \text{ мм.}$$

Можемо бачити, що величина прогину кінця шпинделя $y=9 \cdot 10^{-2}$ мм задовольняє вимозі щодо значення допустимої деформації під дією розрахункового зусилля.

Ця величина є меншою від допустимої:

$$[y] = 0,001 \cdot c = 0,001 \cdot 320 = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ мм.}$$

Таким чином, зважаючи на те, що як виявляється $y < [y]$, то працездатність шпинделя за критерієм жорсткості виконується.

Висновок до розділу 2

1. Проведений вибір моделі верстату-аналога.
2. Порахований діапазон регулювання приводу вертикально-фрезерного верстату.
3. Побудовані варіанти структурних сіток, вибрана оптимально, на основі чого розроблений графік чисел обертів і скомпонована кінематична схема верстату.
4. Визначені числа зубів передач коробки і для описаного приводу головного руху вертикально-фрезерного верстату здійснений силовий розрахунок і сконструйований шпиндельний вузол.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Інструментальне забезпечення і пристосування

3.1. Вибір інструментів для технологічних операцій

Здійснимо вибір металорізальних інструментів, а також інструменту допоміжного та контрольно–вимірювального.

Такий вибір проведемо на основі проведеного технологічного аналізу виготовлення деталі «корпус», але проілюструємо це тільки фрезерними операціями 005 і 010, для яких спроектований у розділі 2 фрезерний верстат з ЧПК.

Вибрані нами позиції зведемо у таблиці 3.1. і 3.2.

Таблиця 3.1- Металорізальні інструменти та вимірювальні і допоміжні інструменти для операції 005

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
005. Фрезерна з ЧПК			
1.Встановити і закріпити			

2.Фрезерувати поверхню (20).	Фреза кінцева $\varnothing 20$; $z=34$; $L=135$; $l=12$; KX Морзе 3	Перехідник Морзе 3/SK40	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1
3.Центрувати отвори (21...24).	Свердло центрувальне $\varnothing 2/5,0$; $L=40$; $l=2,5$; $\angle 60^\circ$; HSS	Патрон цанговий $\varnothing 5$ KX SK40	Шаблон
4.Свердлити отвори (21...24).	Свердло $\varnothing 5$; $L=86$; $l=52$; HSS	Патрон цанговий $\varnothing 5$ KX SK40	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1
5.Зенкувати фаски (25...28).	Зенківка кінцева; $4 \times 90^\circ$; HSS; $L=116$; KX Морзе 2	Перехідник Морзе 2/SK40	Шаблон
6.Нарізати різь в отворах (21...24).	Мітчик машинний М6-Н6; ; $L=66$; $l=19$; HSS	Патрон з комплекту верстата KX SK40	Калібр-пробка різьбовий М6-Н6 ПР і НЕ

					КРБ 20-202.00.00.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Бобелюк				ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ПРИСТОСУВАННЯ	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевірів	Буховець							
Н.конт.	Кобельник				ТНТУ, гр.МВс-41			
Зав.каф.	Кобельник							

Таблиця 3.2- Металорізальні інструменти та вимірювальні і допоміжні інструменти для операції 010

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
010 Фрезерна з ЧПК			
1.Встановити і закріпити.			
2.Фрезерувати поверхні (2) і (32).	Фреза кінцева $\varnothing 40$; $z=6$; $L=190$; $l=24$; КХ Морзе 5	Перехідник Морзе 5/SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
3. Центрувати отвори (3...6)(33...36).	Свердло центрувальне $\varnothing 2/5,0$; $L=40$; $l=2,5$; $\angle 60^\circ$; HSS	Патрон цанговий $\varnothing 5$ КХ 7:24 SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
4. Свердлити отвори (3...6)	Свердло $\varnothing 10$; $L=89$; $l=43$; HSS	Патрон цанговий $\varnothing 10$ КХ 7:24 SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
5.Фрезерувати пази (3...6)	Фреза хвостова $\varnothing 10$; $L=50$; $l=20$; BK8	Патрон цанговий $\varnothing 10$ КХ SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
6.Свердлити отвори (33...36).	Свердло $\varnothing 5$; $L=86$; $l=52$; HSS	Патрон цанговий $\varnothing 5$ КХ SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
7.Зенкувати фаски (37...40)	Зенківка конічна; $4 \times 90^\circ$; HSS; $L=116$; КХ Морзе 2	Перехідник Морзе 2/7:24 SK40	Штангенциркуль ШЦ І-125-0,1
8.Нарізати різь в отворах (33...36).	Мітчик машинний М6-Н6; ; $L=66$; $l=19$; HSS	Патрон з комплекту верстата КХ SK40	Калібр-пробка різьбовий М6-Н6 ПР і НЕ

Проведемо аналіз варіантів обробки за допомогою визначених інструментів.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Аналіз роботи фрез на вертикально-фрезерному верстаті

Проведемо аналіз роботи фрез різних типів на вертикально-фрезерному верстаті.

Так, на рис. 3.1 показана робота кінцевою фрезою

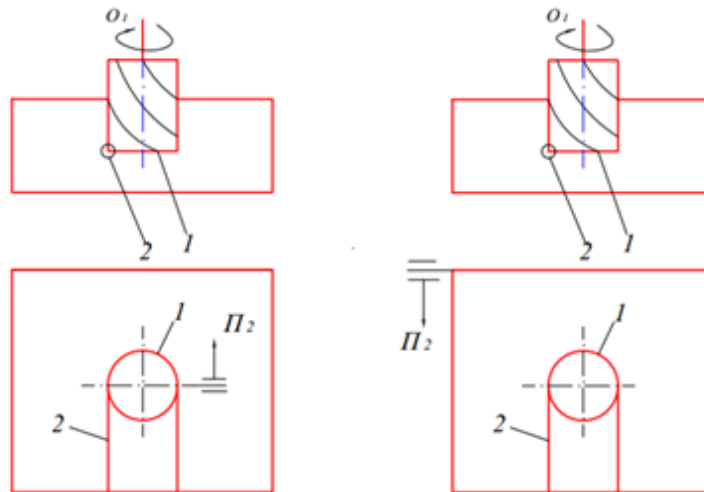


Рис. 3.1. Фрезеруванні пазу кінцевою фрезою

При такій обробці твірна 1 утворюється копіюванням, а напрямна 2 – методом дотику.

На рис. 3.2. проілюстроване фрезерування уступу кінцевою фрезою.

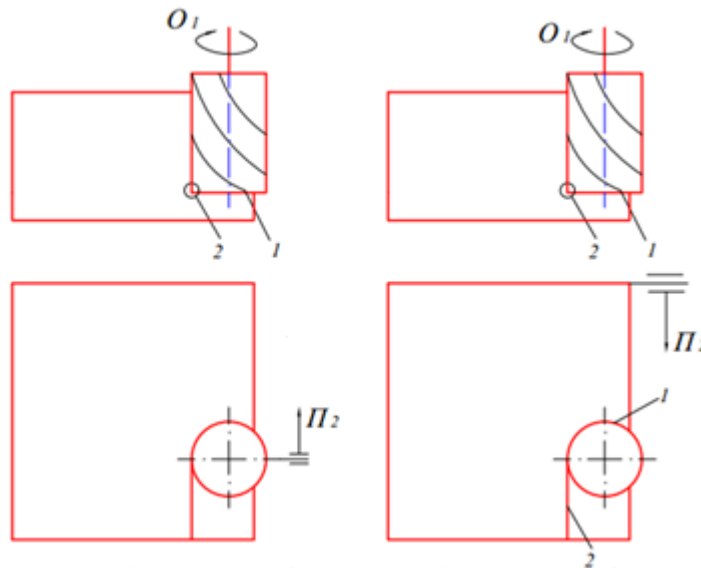


Рис. 3.2. Фрезеруванні уступу

Таке оброблення передбачає утворення методом сліду твірної 1, а методом дотику – напрямної 2.

					КРБ 20-202.00.00.000		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

На рис. 3.3 представлена обробка плоскої поверхні торцевою фрезою.

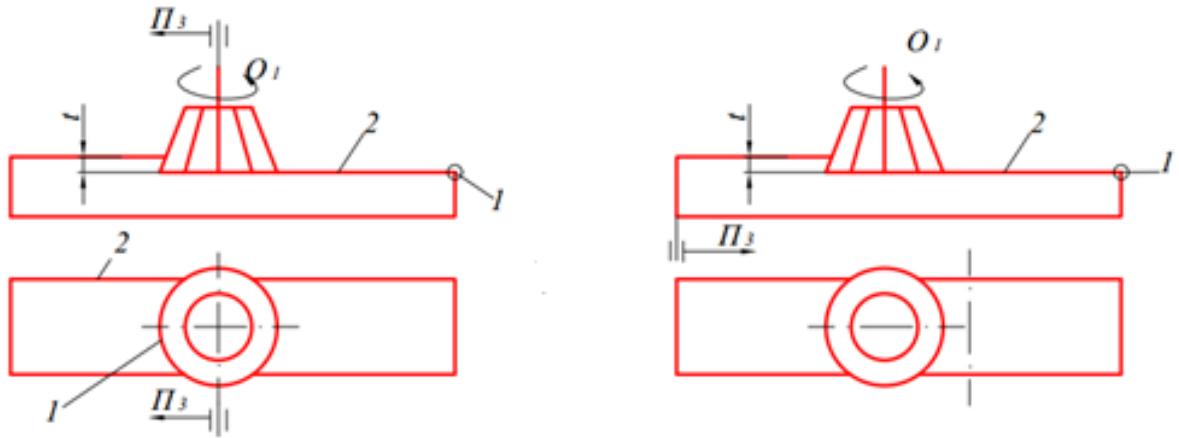


Рис. 3.3. Фрезерування площини за допомогою торцевої фрези

На рис. 3.3 цифрою 1 позначена твірна, яка утворюється методом сліду, а цифрою 2 -напрямна, яка утворена методом дотику.

Покажемо також обробку криволінійної поверхні (рис. 3.4).

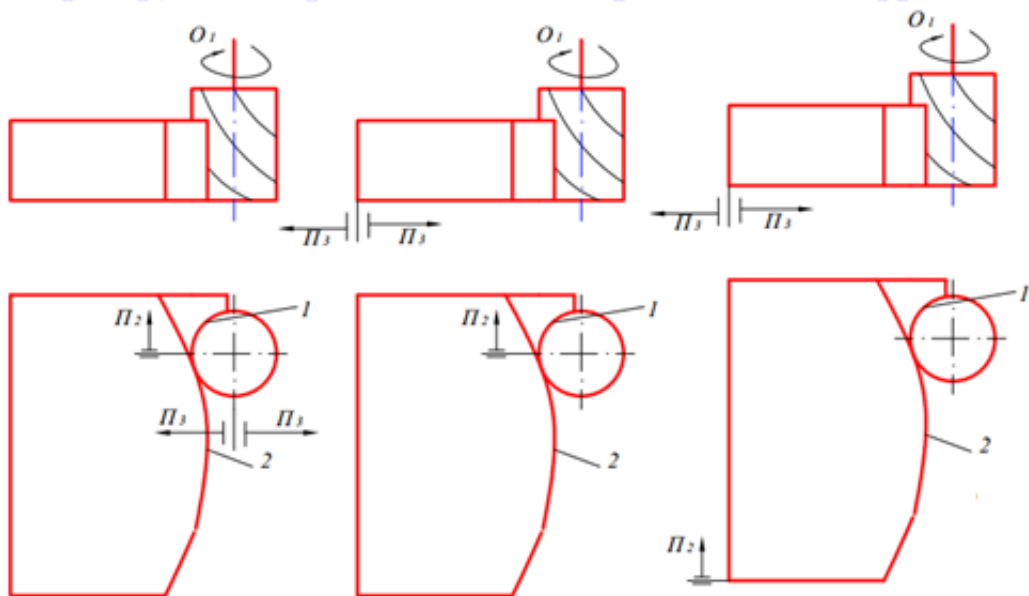


Рис. 3.4. Фрезерування криволінійної поверхні кінцевою фрезою

При цьому твірна 1 утворюється копіюванням, а напрямна 2 – методом дотику.

На рис. 3.5 представлена обробка дисковою фрезою

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

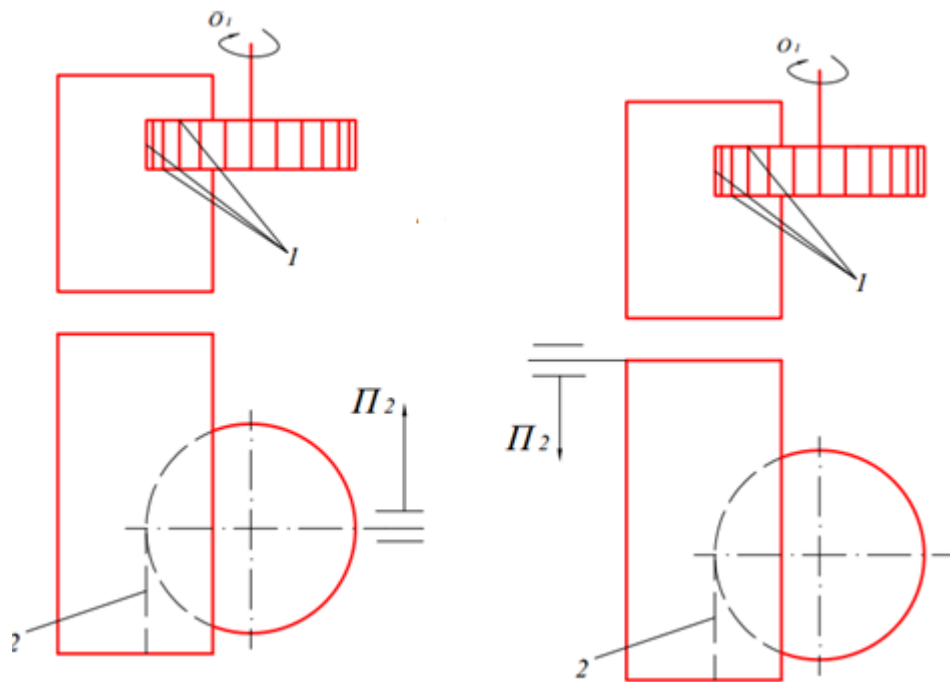


Рис. 3.5. Фрезерування пазу дисковою фрезою

При такому фрезеруванні твірна 1 утворюється копіюванням, а напрямна 2 – методом дотику.

Проведений аналіз показує можливі варіанти застосування різальних інструментів.

3.3. Вибір і розрахунок пристосування

Проведемо опис призначення, будови і принципу роботи пристосування. Зробимо це на прикладі виконання операції 015 – розточувальної з ЧПК. При цьому прийнято збірно – розбірне пристосування з гідрозатиском, що використовується для базування і закріплення заготовки при фрезеруванні торців, та обробленні ряду отворів, що розташовані на торцях деталі. Заготовка своїми попередньо обробленими торцями і двома отворами базується на опорну плиту поз. 1, і два пальці, циліндричний поз. 7 та зрізаний поз. 8, завдяки чому заготовка позбавляється всіх степенів вільності та координується одночасно.

				Арк.	
				КРБ 20-202.00.00.000	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Затиск заготовки відбувається при подачі стиснутого мастила в гідроциліндр який піднімає шток і діє на прихват поз. 5, що через коромисло уформі болта поз. 6 притискає заготовку до опорної плити поз. 1.

Розтиск заготовки здійснюється при припиненні подачі мастила до гідроциліндра, пружина яка знаходиться у ньому опускає шток і відповідно прихват, який необхідно змістити вліво щоб звільнити заготовку. Пристосування своєю опорною плитою поз. 1 встановлюється на поворотний стіл верстата і фіксується прихватами, що входять в бокові пази плити.

Проведемо розрахунок похибки базування.

Заготовка базується в пристосуванні плоскою поверхнею торця і двома отворами на пальці. Для розрахунку вибираємо схему базування із [11].

Похибка базування для забезпечення розміру $74h14(-0,74)$ відстані від отворів до торця, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\delta} = (2S + T_{d1} + T_{d2}) \cdot \left(\frac{2l_1 + l}{l}\right) \text{мм},$$

де S – мінімальний зазор між пальцями і отворами;

T_{d1} - допуск на діаметр отвору;

T_{d2} - допуск на діаметр пальця;

l_1 - відстань від центра пальця до оброблюваної поверхні;

l - міжцентрова відстань між циліндричним і зрізаним пальцями.

Посадка між пальцями і пазами з зазором $\varnothing 5 H 11 f 8$.

Відповідно: допуски отворів - $T_{d1}=0,075$; пальців - $T_{d2}=0,018$; мінімальний радіальний зазор отворів – $S=0,01$ мм [7].

Отже, матимемо

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\delta} = (2 \cdot 0,01 + 0,075 + 0,018) \cdot \left(\frac{2 \cdot 74 + 100}{100} \right) = 0,28(\text{мм}) < 0,74.$$

Таким чином бачимо, що точність обробки є забезпеченою.

Проведемо розрахунок сили затиску.

Затиск заготовки проводиться прихватом за допомогою штовхаючої сили гідроциліндра. Зусилля затиску (Н) визначається за формулою, [11]:

$$Q = P \cdot \frac{l + hf}{l_1 + h_1 f_1},$$

де P – вихідна сила, Н;

$l=90$ мм – довжина плеча до заготовки;

$h= 20$ мм – висота прихвата;

$f= 0,5$ – коефіцієнт тертя між прихватом і заготовкою;

$l_1= 72$ мм – довжина плеча до штока гідроциліндра;

$h_1= 16$ мм – висота прихвату в місці контакту із штоком;

$f_1= 0,15$ – коефіцієнт тертя між штоком і прихватом.

Вихідна сила, яку створює гідроциліндр, визначається так:

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta,$$

де $D= 80$ – діаметр гідроциліндра, мм;

$d= 16$ – діаметр штока гідроциліндра, мм;

$p= 1,0$ – тиск оливи в системі, МПа;

$\eta= 0,97$ – коефіцієнт корисної дії.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже,

$$P = \frac{3,14}{4} \cdot (80^2 - 16^2) \cdot 1 \cdot 0,97 = 4857(H).$$

Тоді зусилля затиску заготовки буде:

$$Q = 4857 \cdot \frac{90 + 20 \cdot 0,65}{72 + 16 \cdot 0,15} = 6528,$$

Робимо висновок, що розрахованого зусилля затиску достатньо для забезпечення нерухомості заготовки під час виконання операції.

Висновок до розділу 3

1. Проведений вибір металорізальних інструментів щодо операцій на вертикально-фрезерному верстаті (005 і 010). Вибраний також допоміжний та вимірювальний інструмент для відповідних переходів.
2. Здійснено аналіз рухів і утворення твірних і напрямних в процесі різних типів фрезерування із застосуванням відповідних фрез на розроблюваному верстаті.
3. Проведений розрахунок пристосування для операції 015 із зазначених відповідних зусиль затиску та обчислення похибки обробки.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Характеристика ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці і техніки безпеки для ділянки

Вибір типу приміщення визначається технологічним процесом та можливістю боротьби з шумом, вібрацією і забрудненням повітря. Виробничі приміщення відповідно до вимог чинних нормативів мають бути забезпечені достатнім природним освітленням. Обов'язковим є являється також улаштування ефективною за екологічними і санітарно-гігієнічними показниками вентиляції, [13] с. 152...154.

На проєктованій ділянці по виготовленню деталі «Корпус» 20.ДП.40002.02.00.00.001 застосовується наступне металообробне обладнання:

- вертикально – фрезерний верстат з ЧПК;
- горизонтально-розточувальний верстат з ЧПК моделі РВС110(f);
- горизонтально-розточний напівавтомат моделі 2705В.

При розробці плану ділянки враховані наступні вимоги:

- Розміщене технологічне обладнання, проходи та проїзди гарантують зручність та безпеку праці; можливість ремонту та демонтажу; подавання та передавання заготовок, інструментів.
- Розміщення технологічного устаткування погоджене із запроектованими підйомно-транспортними засобами . Робочі місця організовані згідно вимог праці.
- Полегшено умови праці за рахунок автоматизації технологічного процесу.

Дана ділянка побудована згідно генерального плану промислового підприємства , основні вимоги якого викладені в СНиП2.09.02-85, виробничі приміщення даної ділянки відповідають вимогам СНиП11-90-81 та СН245.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розробив</i>		<i>Бобелюк</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Буховець</i>						
<i>Н.конт.</i>		<i>Кобельник</i>				ТНТУ, гр.МВс-41		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

З метою запобігання травматизму на ділянці застосовано попереджувальне фарбування будівельних конструкцій, електричних проводів, обладнання, допоміжних пристосувань по ГОСТ 12.4.026-76.

Об'єм виробничого приміщення згідно з санітарними розмірами складає 15мз. Висота виробничих приміщень 4,5м. Ширина основних проходів усередині ділянки 1,5м, а ширина проїздів 2,5 м. Ширина виходів з приміщень 1,0м, висота 2,2м. Ворота які ведуть з приміщення на вулицю обладнані тамбурами.

Конструкція робочого місця на ділянці забезпечує зручні та безпечні дії з матеріалами, заготовками, а також для ремонту та обслуговування обладнання.

На робочому місці забезпечено взаємне розташування органів керування, стелажів для зберігання оснастки та накопичення заготовок, тумби для зберігання різального та допоміжного інструменту.

За гігієнічно класифікацією дана ділянка відноситься до 2 класу – (допустимі умови праці) - характеризуються рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів для робочих місць, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих.

Підлога ділянці зносостійка, неслизька, легко очищувальна. Попереджено проникнення мастил, змащено-охолоджувальних рідин в інші приміщення.

Мікроклімат робочого приміщення для категорії робіт середньої важкості, який забезпечує оптимальні умови праці, тобто:

- температура повітря в теплий період $t = (21. .23)^{\circ}\text{C}$, в холодний період $t = (19. .21)^{\circ}\text{C}$;

- відносна вологість повітря в теплий і холодний період $\theta = (40 \dots 60)\%$;

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидкість руху повітря в холодний період року $V =$ до $0,3\text{ м/с}$, в теплий період $V = 0,4 \dots 0,2\text{ м/с}$;
- барометричний тиск $p = 760\text{ мм. рт. ст.}$;
- інтенсивність випромінювання $w < 75\text{ Вт/м}^2$.

На дільниці використовується припливно-витяжна вентиляція, призначена для повітрообміну з одночасною подачею і видаленням повітря, [13] с.180.

На дільниці використовується водяне опалення низького тиску яке відповідає основним санітарно-гігієнічним вимогам. Основні переваги цієї системи: рівномірне нагрівання приміщення; можливість централізованого регулювання температури теплоносія.

Природне і штучне освітлення дільниці відповідає вимогам СНиП 11-4-79. Для забезпечення необхідного освітлення на дільниці використовується суміщене освітлення, при якому за не достатнього природнього освітлення за нормами доповнюють штучним.

Використовується комбіноване штучне освітлення, поєднання загального освітлення на дільниці з місцевим освітленням на робочих місцях. Характеристики освітлення:

- робоче освітлення на дільниці $E_p = 300\text{ лк}$;
- аварійне освітлення на дільниці $E_{ав} = 2\text{ лк}$;
- евакуаційне освітлення $E_{ев} = 0,5\text{ лк}$.

Для зменшення рівня шуму на дільниці використовуються захисні екрани та кожухи по ГОСТ 12.1.029.-80 для виконання вимог по зниженню шуму ГОСТ 12.1003-83. Шум повинен не перевищувати $L_w = 70\text{ дБ}$. На дільниці для запобігання вібраціям використовуються демпфери, спеціальне покриття корпусних частин устаткування. Гранична норма вібрації відповідає вимогам ГОСТ 12.1.012-78 і не перевищує 65 дБ . Для попередження ураження електричним струмом всі струмопровідні частини устаткування мають заземлення яке не перевищує $R_d \leq 4\text{ Ом}$. Огородження не ізолюючих струмопровідних частин а також кабелів.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлені блокуючі пристрої при аварійному виключенні або при пошкодженні захисного екрану чи кожуха. Ізольуюче покриття рукояток, важелів, панелей по ГОСТ 12.12.2003-74, ГОСТ12.2007-75.

Дана дільниця відноситься за пожежною безпекою до категорії приміщень Д (приміщення в яких знаходяться не горючі речовини і матеріали і які знаходяться в холодному стані). Для забезпечення вибухопожежної безпеки об'єкта забезпечуються системи безпеки по ГОСТ12.1004.-91 ССБТ.

Також розроблений план евакуації з приміщення через 2 евакуаційні виходи ширина яких складає 1м, висота проходів 2 м. Відстань між виходами не перевищує $L=1,5\sqrt{П}$ по ДБН В1.1-7-2002. Відповідно до СНиП 2.04.02-84 на дільниці передбачена система протипожежного водопостачання, яка об'єднана з господарським водогоном, тривалість гасіння пожежі для будівель категорії Д – складає 2 год, вільний напір у мережі 10м. Також на дільниці встановлені приймально-контрольні пожежні прилади типу КПКОП «Топаз» на 10 сповіщувачів типу ПКОП-1, які встановлені на висоті 1,5 м від підлоги. На дільниці також розташовані такі способи гасіння пожеж як пожежний інвентар (гаки, ломи, сокири, ящик з піском), які розміщені на пожежному щиті позначені фарбою по ГОСТ12.4.026-76. Також дільниця обладнана порошковими вогнегасниками ОП-2, відстань між розташуванням вогнегасників складає 70м.

- Заходи що пропонуються для покращення умов праці:
- правильний вибір принципів дій, конструктивних схем, елементів конструкцій;
 - використання засобів механізації автоматизації та дистанційного керування за рахунок впровадження систем ЧПК;
 - використання у конструкціях засобів захисту;
 - покращення ергономічних вимог обладнання та робочих місць;

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- включення вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації та ремонту, транспортування та зберігання устаткування;
- використання у конструкції устаткування безпечних матеріалів.

4.2. Розрахунок заземлення для спроектованої ділянки

Мета розрахунку заземлення – визначити кількість електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розташування в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень. Площа ділянки 43,34 кв.м. На ділянці розташовано 3 одиниці верстатів.

Вихідні дані:

Захищуваний об'єкт обладнання ділянки, кількість верстатів – 3, виробнича площа 43,34 кв.м. Захищуваний об'єкт - стаціонарний. Напруга мережі - 380В. Виконання мережі - з глухо заземленою нейтраллю. Тип заземлювального пристрою - вертикальний. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_v = 4,6$ м; діаметр $d = 0,04$ м, товщина стінки труби 3,5 мм. Відношення відстані між трубами до їх довжини $L/l = 1$.

Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): $L_2 = L_3$.с. – згідно з розрахунком, м; ширина стрічки $b_c = 0,04$. Глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_v = 0,7$ м, горизонтальних $h_g = 0,7$.

Ґрунт – чорнозем, склад однорідний, вологість мала, агресивність нормальна. Кліматична зона – II.

Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ воно відноситься до класу П–II; за вибухонебезпекою згідно з ПУЕ - до класу В–I.

Визначаємо R_d - допустиме значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_d \leq 4$ Ом.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується приймаємо $\rho_{табл} = 30$ Ом.м, [13], табл. 7.2.

Визначаємо $K_{с.в.}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів, для даної кліматичної зони II. Приймаємо $K_{с.в.} = 1,3$ [13] табл.7.4.

Визначаємо значення $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною II, приймаємо $K_{с.г.} = 2,5$, [13] табл.7.4.

Визначаємо $\rho_{розр.в.}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів

$$\rho_{розр.в.} = \rho_{табл} K_{с.в.} \quad (4.1)$$

де $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору;

$K_{с.в.}$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів.

Таким чином,

$$\rho_{розр.в.} = 30 \cdot 1,3 = 39 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $\rho_{розр.г.}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів:

$$\rho_{розр.г.} = \rho_{розр.в.} \cdot K_{с.г.} \quad (4.2)$$

де: $\rho_{розр.г.}$ – приблизне значення питомого опору; $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача.

Маємо

$$\rho_{розр.г.} = 39 \cdot 2,5 = 97,5 \text{ Ом.}$$

Визначаємо t – відстань від поверхні землі до середини вертикально заземлювача.

$$t = h_b + \frac{l_b}{2}, \quad (4.3)$$

$$t = 0,7 + \frac{4,6}{2} = 3.$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо R_g – опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_b = \frac{\rho_{розр.в.}}{0,366l_g} \left(\ln \frac{2,1l_g}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_g}{4,2t - l_g} \right),$$

$$R_b = \frac{39}{0,366 \cdot 4,6} \left(\ln \frac{2,1 \cdot 4,6}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2 \cdot 2,85 + 4,6}{4,2 \cdot 2,85 - 4,6} \right) = 16,8 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $n_{т.в.}$ теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання, тобто $\eta_{г.в.}=1$:

$$n_{тв} = \frac{R_g}{R_d \eta_{г.в.}}, \quad (4.5)$$

де R_g – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;
 R_d – допустиме значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

Тоді

$$n_{тв} = \frac{16,8}{4 \cdot 1} \approx 4(\text{шт}).$$

Визначаємо $\eta_{г.в.}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх в ряд при числі заземлювачів $n_{т.в.}=4$ шт. та при відношенні L_b до $l_b = 1$. За табл. 7.5 [13] приймаємо $\eta_{г.в.} = 0,65$.

Визначаємо $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{нв} = \frac{R_g}{R_d \eta_{г.в.}}, \quad (4.6)$$

$$n_{нв} = \frac{16,8}{4 \cdot 0,65} = 7 \text{ шт.}$$

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_{н.в.} = 9$ шт. без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{розр.в.} = \frac{R_в}{n_{н.в.} \eta_{в.в.}}, \quad (4.7)$$

де $n_{н.в.}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;
 $R_в$ – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах:

$$R_{розр.в.} = \frac{16,7}{7 \cdot 0,65} = 3,69 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $L_в$ – відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_в/l_в = 1$, звідси :

$$L_в = 1 \cdot l_в = 1,5 \text{ м,} \quad (4.8)$$

де $l_в$ – довжина вертикального електрода.

Визначаємо $L_{з.с.}$ – довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлення:

$$L_в = 1,05 L_в n_{н.в.} = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 7 = 11 \text{ м,} \quad (4.9)$$

де $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних заземлювачів; $L_в$ – відстань між вертикальними заземлювачами.

Визначаємо $R_{з.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці)

$$R_{з.з.с.} = \frac{\rho_{розр.г.}}{2\pi \cdot L_{з.с.}} \ln \frac{L_{з.с.}^2}{d \cdot t}, \quad (4.10)$$

$$R_{з.з.с.} = \frac{97,5}{0,366 \cdot 9,45} \ln \frac{39,69}{0,04 \cdot 3} = 1,9 \text{ Ом.}$$

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо $\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними значеннями або за чотирикутним контуром при відношенні

$Lв/lв = 1$ та необхідної кількості вертикальних заземлювачів $nн.в = 7$ шт приймаємо $\eta_{в.г.} = 0,77$ [13] табл. 7.6.

При паралельно включених горизонтальних заземлювачах $\eta_{в.г.}$ визначають з табл. 7.7 [13].

Визначаємо $R_{розр.г.}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальних заземлювачах (з'єднуючій стрічці) при числі електродів що дорівнює 1:

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{гзс}}{n_{г} \eta_{в.г.}}, \quad (4.11)$$

де $R_{гзс}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі;
 $\eta_{в.г.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

$$R_{розр.г.} = \frac{1,9}{1 \cdot 0,77} = 2,46 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г.} = \frac{R_{розр.в} \cdot R_{розр.г.}}{R_{розр.в} + R_{розр.г.}}, \quad (4.12)$$

де $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах.

Тоді

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{розрв.г.} = \frac{39 \cdot 2,46}{39 + 2,46} = 2,30 \text{ Ом.}$$

Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників
За табл.7,8 [13] вибираємо голі мідні $S_m=4$ мм. кв. або алюмінієві провідники
 $S_a=6$ мм. кв.

Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини
Приймаємо сталеву шину товщиною $\delta c=4$ мм і перетином не менше $\sigma = 100$ мм².

Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою) (рис. 4.1.).

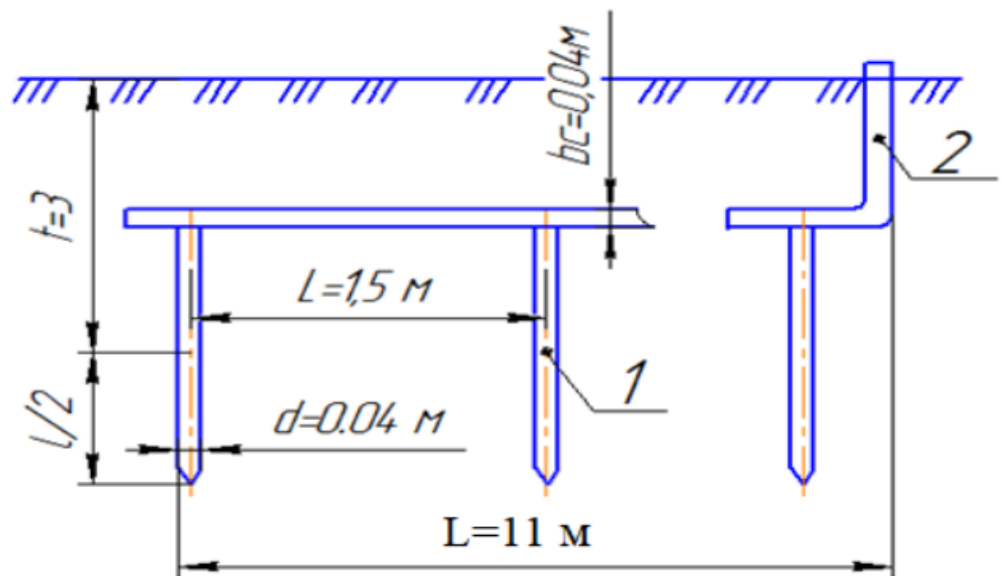


Рис. 4.1. Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (1. Вертикальний електрод; 2. Шина)

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-202.00.00.000				

Висновок до розділу 4

1. 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.

2. Для дільниці, на якій встановлено 3 верстати здійснено розрахунок заземлення. Спроектована схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм.

					КРБ 20-202.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Як **результати** виконання кваліфікаційної роботи для досягнення її мети отримані такі основні висновки

1. На основі аналізу технічних вимог на оброблювану деталь та її матеріалу і програми випуску визначено тип виробництва та здійснений варіативні методи отримання заготовки з їх економічним обґрунтуванням.

2. Проведена розробка маршрутної технології механічної обробки деталі-представника: корпус приводу із сірого чавуну СЧ18, вибране та обґрунтоване металорізальне обладнання для такого технологічного процесу.

3. Обґрунтовані між операційні припуски, проміжні розміри та проведений аналітичний розрахунок операційної технології для однієї із операцій.

4. Як основа для подальших розробок проведений детальний розрахунок режимів різання по операціях, в тому числі для операцій, пов'язаних із фрезеруванням.

5. Проведений короткий опис застосовуваних на виробництві фрезерних верстатів і обраний вертикально-фрезерний верстат-аналог.

6. Визначений діапазон регулювання приводу головного руху та на основі багатоваріантного представлення структур лінії приводу проведений кінематичний розрахунок.

7. Відповідно проведеного аналізу запропонована кінематична схема представленого варіанту вертикально-фрезерного верстату та розраховані її елементи, зокрема числа зубів передач.

8. Проведено опис конструкції компонентів ланцюга приводу головного руху та здійснений загальний силовий розрахунок зубчастих передач та валів коробки швидкостей і критеріальний розрахунок на жорсткість шпиндельного вузла.

					КРБ 20-202.00.00.000			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Бобелюк</i>							
<i>Перевірів</i>	<i>Буховець</i>							
<i>Н.конт.</i>	<i>Кобельник</i>					ТНТУ, гр.МВс-41		
<i>Зав.каф.</i>	<i>Кобельник</i>							

9. Проведений вибір металорізальних інструментів для здійснення механічної обробки деталі «корпус приводу» та спорядження цієї обробки додатковими і вимірювальними інструментами.

10. Проілюстрована обробка деталей на розробленому верстаті різними типами фрез.

11. Спроектоване і розраховане відповідно до встановлених вимог пристосування для розточної операції.

12. Відповідно до встановлених норм представлені вимоги щодо охорони праці, а також техніки безпеки на механічній дільниці. Описаний варіант встановлення заземлення для металорізального обладнання.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Шерман А. Д., Жуков. А. А. Чугун: справочное издание. Москва: Металлургия, 1991. 576 с.
2. Кухарський О. М., Кушак І .В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування: проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
4. VC610 START MILL. TBI: веб – сайт. URL: <http://www.TBI tech. pl>. (дата звернення 24.02.2020).
5. PBC 110 (f). Stankom: веб – сайт. URL: <http:// www. stankom. com>. (дата звернення 27.02.2020).
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога – машиностроителя. Изд. 4-е, перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1986. Том 2. 496 с.
7. Кухарський О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режимы різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
9. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов: справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1972. 408 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Нормативы времени. Москва: ЭКОНОМИКА, 1990. Часть I. 207 с.
11. Горошкин А. К. Приспособление для металлорежущих станков: справочник. Москва: Машиностроение, 1979. 303 с.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бобелюк</i>			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Буховець</i>						
<i>Н.конт.</i>		<i>Кобельник</i>				<i>ТНТУ, гр.МВс-41</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобельник</i>						

12. Кушак О. М. Методичні вказівки для виконання економічної частини дипломного проекту. Тернопіль: ТК ТНТУ, 2019. 13с.
13. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
14. Металлорежущие станки: Учебник /В.Э.Пуш и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 575с.
15. Дубиняк, С.А. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ: Учеб. пособие /С.А. Дубиняк, С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив, И.Д. Дубецкий. – К.: УМК ВО, 1989. -152с.
16. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. - 692с.
17. Луців І.В. Оцінка впливу похибок комплексного самоналагоджувального оснащення на точність оброблюваних циліндричних поверхонь / Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. // Вісник НУ «Львівська політехніка». Зб. наук. праць. – 2016. – № 839. С. 80–85.

					<i>КРБ 20-202.00.00.000</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		