

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:

**Верстатно-інструментальне забезпечення**

**обробки деталі**

**«Корпус крана»**

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

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Денис А.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Луців І.В.  
(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 2023

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

Факультет інженерії машин , споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів , інструментів та машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

« » 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Денису Андрію Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно-інструментальне забезпечення обробки деталі «Корпус крана»

Керівник роботи Луців Ігор Володимирович, д.т.н., проф..  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » грудня 2022\_\_ року № 4/7-1057

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 червня 2023 року  
3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «корпус крана» , маршрутний технологічний процес механічної обробки 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 забезпечення технологічного процесу на прикладі вертикально-фрезерного верстату.  
Інструментальне забезпечення обробки деталі  
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 – 2 арк. ф. А. 1.  
Кінематична схема верстата що забезпечує технологічний процес – 1 арк. ф.А. 1.  
Формоутворюючий вузол верстату – 1 арк. ф.А. 1.  
Складальне креслення пристосування – 1 арк. ф. А. 1.  
Деталювання – 1 арк. ф.А 1. Різальний інструмент – 0.5. – 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	Окіпний І.Б. к.т.н, доцент.		
Нормоконтроль	Кобельник В.Р.к.т.н. зав. каф. В.І.		

7. Дата видачі завдання 1.02.2023

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	До 31.01.2023	
2	Огляд літератури	До 25.02.2023	
3	Технологічний розділ	До 01.03.2023	
4	Конструкторська частина	До 15.04.2023	
5	Розробка кінематичної схеми верстата	До 05.05.2023	
6	Розробка конструкції вузла	До 05.05.2023	
7	Розробка конструкції інструменту	До 20.05.2023	
8	Оформлення питань О П та БЖД	До 27.05.2023	
9	Оформлення графічного матеріалу	До 17.06.2023	
10	Оформлення пояснювальної записки	До 17.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Денис А.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Луців І.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

# Зміст

Реферат.....	6
Анотації.....	7
Вступ.....	10
Технологічна частина.....	15
1.1. Аналіз завдань роботи.....	11
1.2. Опис конструкції деталі.....	15
1.3. Визначення типу виробництва.....	16
1.4. Обґрунтування отримання заготовки.....	18
1.5. Розробка маршрутного технологічного процесу.....	18
1.6. Визначення припусків і проміжних розмірів.....	20
1.7. Розробка операційних технологій.....	26
1.8. Розрахунок режимів різання.....	27
1.9. Розрахунок технічних норм часу.....	28
Висновок до розділу 1.....	38
1. Верстатне забезпечення.....	39
2.1. Аналіз верстатів аналогічного призначення.....	39
2.2. Призначення та характеристики базової моделі.....	40
2.3. Опис структурно-кінематичної схеми.....	41
2.4. Визначення граничних частот.....	42
2.5. Розрахунок силових факторів і потужності різання.....	45
2.6. Кінематичний розрахунок приводу головного руху.....	48
2.7. Побудова кінематичної схеми приводу головного руху.....	50
2.8. Розрахунок зубчастих передач.....	51
2.9. Розрахунок валів.....	52
2.10. Конструкція коробки швидкостей.....	53
2.11. Шпиндельний вузол.....	54
Висновок до розділу 2.....	55

3. Інструментальне забезпечення і пристосування.....	56
3.1. Вибір інструментів для технологічних операцій.....	56
3.2. Характерна робота фрез .....	59
3.3. Вибір і розрахунок пристосування.....	60
3.3.1. Призначення, будова і принцип роботи пристосування.....	61
3.3.2. Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування.....	62
Висновки до розділу 3.....	63
4. Охорона праці і безпека життєдіяльності.....	64
4.1 Характеристика виробничої ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці.....	64
4.2. Розрахунок освітлення.....	65.
Висновки до розділу 4.....	66
Загальні висновки.....	67
Перелік посилань.....	68
Додатки.....	70

# 1. Технологічна частина

## 1.1. Аналіз завдань роботи

Виділимо основне завдання кваліфікаційної роботи. Воно полягає в удосконаленні технологічного процесу оброблення деталі «корпус крана» а також у модернізації конструкторського забезпечення обробки вказаної деталі, а саме обладнання для виконання фрезерної операції стосовно приводу головного руху розглядуваного верстату верстату.

Перш за все зупинимось на характеристиці об'єкту виробництва – крану пневматичного – з метою визначення шляхів удосконалення технології.

Кран пневматичний (арк.1) використовується в об'ємних пневмопристроях різноманітного обладнання. Конструктивно кран є пневмопристроєм подвійної дії. Привід повинен відповідати вимогам, що висуваються до пневматичних пристроїв.

Матеріали, що використовуються для виготовлення крану пневматичного, повинні відповідати стандартам і технічним умовам, що вказані на кресленнях. Виливок корпусу насоса повинен відповідати вимогам ГОСТ 493. Різьби метричні повинні відповідати ГОСТ 8724, ГОСТ 9150, ГОСТ 24705.

Розглянемо технічні умови на виготовлення крану.

Механічна обробка деталей повинна проводитись відповідно до робочих креслень, технологічного процесу і відповідних стандартів. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів по Н14, валів по h14, решту по  $\pm IT14/2$ . Шорсткість оброблених поверхонь повинна відповідати кресленням і ГОСТ 2789. Шорсткість поверхні поршня повинна бути не вище Ra0,20 мкм, циліндричної поверхні крана не нижче Ra0,32 мкм.

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			Технологічна частина	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луців І.В.</i>					12	214
<i>Реценз.</i>						МВс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

При використанні ущільнюючих кілець шорсткість з'єднань повинна бути згідно ГОСТ 9833-73.

Відхилення від круглості та циліндричності внутрішніх поверхонь циліндра не повинна перевищувати граничних відхилень на діаметр. Відхилення від співвісності внутрішньої та зовнішньої циліндричних поверхонь не повинна перевищувати 0,05 мм.

Овальність і конусність профіля не повинна перевищувати граничних відхилень на діаметр. Канавки під ущільнення повинні мати шорсткість Ra2,5 мкм.

Кільцеві та поздовжні риски, що видимі неозброєним оком на поверхнях тертя штоків та втулок циліндрів не допускаються. Оброблені поверхні не повинні мати механічних пошкоджень. Гострі кути та ребра повинні бути притуплені радіусом 0,2...0,5 мм.

Технічні умови на складання можна описати так.

Перед складанням всі деталі та складальні одиниці повинні бути очищені від забруднень, промиті обезжирюючим складом, продуті стисненим повітрям. Перед складанням гумові кільця, манжети повинні бути покриті змазкою ЦИАТИМ 221 або іншою змазкою, що має вказівки до використання або оливою індустриальною по ГОСТ 20799.

Ступінь герметичності повинен відповідати вимогам ГОСТ 14896.

Оброблені та робочі поверхні не повинні мати слідів корозії, рисок, забоїн, подряпин, а також пошкоджень, що впливають на функціональність або погіршують зовнішній вигляд насоса.

Не допускаються пошкодження на етапі складання виробу. Деталі рухомих з'єднань повинні легко переміщатись від руки. Привід повинен відповідати вимогам безпеки.

Проведемо розробку технологічної схеми складання крану.

Опис технологічної схеми складання вузла «Кран пневматичний» (рис. 1.1) проілюструємо показом маршрутної технології складання крану (таблиця 1.1, рис. 1.1).

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Ілюстрація технологічної схеми складання крану по операціях

№	Операція	Зміст роботи
005	Комплектування	Деталь згідно специфікації виробу доставити до робочого місця
010	Підготування	Деталі виробу підготувати до складання у вузли
015	Складання плунжера (ск1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закріпити плунжер (дет.3).</li> <li>2. Встановити кільця (дет.16).</li> <li>3. Встановити пружину (дет.10).</li> </ol>
020	Встановлення плунжера (ск1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закріпити корпус (дет.1).</li> <li>2. Встановити плунжер як складальну одиницю (ск.1).</li> <li>3. Перевірити хід плунжера.</li> </ol>
025	Встановлення окремих деталей вузлів	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кришку встановити (дет.4)</li> <li>2. Закрутити 5 болтів (дет.12).</li> <li>3. Закрутити тягу (дет.6).</li> </ol>
030	Складання педалі (ск2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закріпити важіль (дет.7)</li> <li>2. Встановити педаль (дет.8).</li> <li>3. Встановити 2 болти (дет.13)</li> <li>4. Встановити 2 шайби (дет.14).</li> <li>5. Закрутити дві гайки (дет.15).</li> </ol>
035	Встановлення педалі (ск2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Корпус закріпити (дет.1).</li> <li>2. Встановити педаль як складальну одиницю (ск1).</li> <li>3. Встановити вісь (дет.9).</li> <li>4. Встановити шайбу (дет.11) і шплінт (дет.17).</li> </ol>
040	Встановлення деталей опорних вузлів	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити кришку (дет.5)</li> <li>2. Закрутити 6 болтів (дет.12).</li> <li>3. Хід плунжера перевірити</li> </ol>



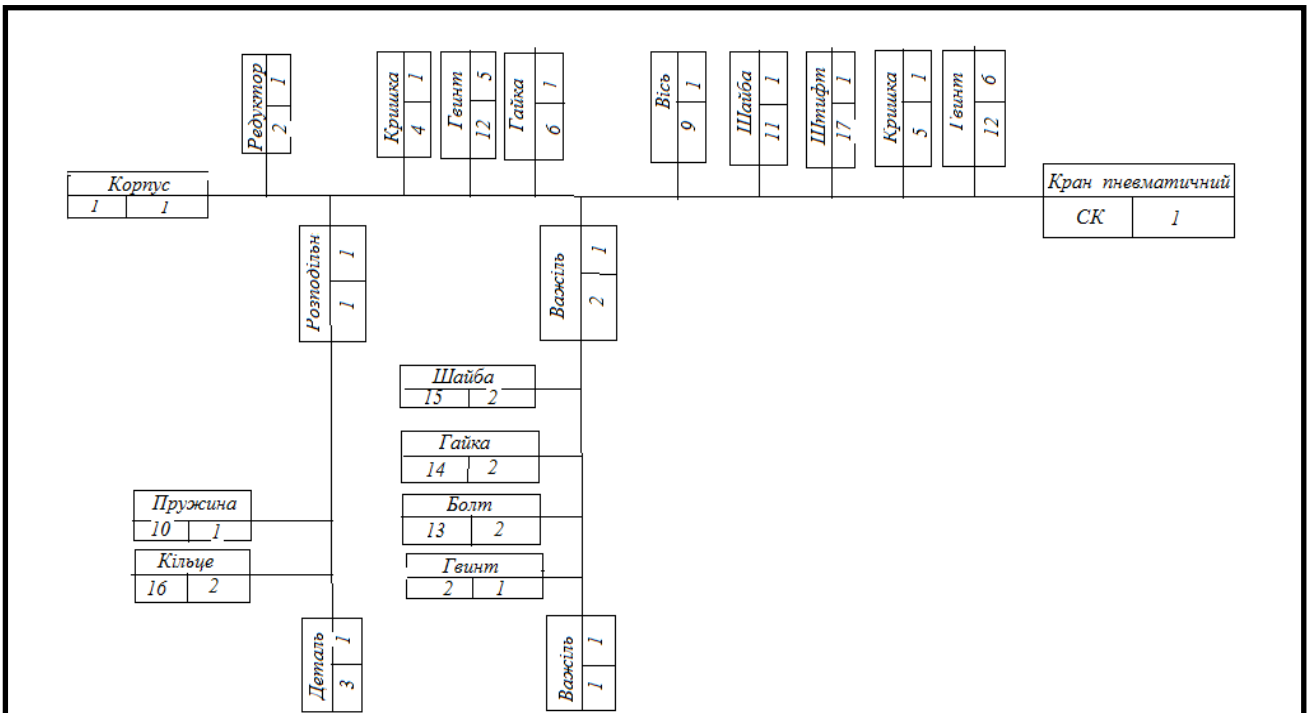


Рисунок 1.1 - Схема технології складання крана

Проведений аналіз показує як особливості власне заданої деталі, так і умови її функціонування у виробі. Це є підставою для пропозиції щодо технологічного процесу.

Завдання кваліфікаційної роботи також передбачають детальну розробку верстатного забезпечення. При цьому слід звернути увагу на основні тенденції сучасного верстатобудування. Ці тенденції передбачають необхідність забезпечення високої продуктивності і точності при обробленні. Вагомим є зниження роду витрат та використання нових технологічних методів, досягнення розширення технологічних можливостей, а також забезпечення охорони праці і безпечних умов виробництва.

Як було вказано вище об'єктом розробки щодо технологічного процесу є деталь «корпус крана» і відповідно для конструкторського розгляду обираємо операцію фрезерування. Таким чином, предметом вивчення конструкторського забезпечення є привід головного руху з метою його модернізації. Цим визначається актуальність роботи.

В результаті аналізу виданого на кваліфікаційну роботу завдання, беручи до уваги базовий аналог технологічного процесу, як і високо-економічних подібних прототипів, а також існуючих конструкцій перспективних фрезерних верстатів, бачимо, що для реалізації відповідних економічних характеристик треба провести модернізаційні заходи. Цим проблемам і присвячена моя кваліфікаційна робота.

Отже, у якості методики розв'язання основної проблеми кваліфікаційної роботи можна виділити такі основні завдання:

- на основі аналізу типової технології і відомих методів обробки корпусних деталей на верстаному обладнанні слід обґрунтувати удосконалений варіант технології механічного оброблення деталі корпус крана;

- провести економічно доцільний вибір заготовки і запропонувати принципово новий маршрутний процес;

- встановити між операційні припуски, а також провести поопераційний розрахунок режимів різання;

- після вивчення базових конструкцій фрезерного обладнання вибрати верстат-аналог і встановити основні напрямки вдосконалення приводу головного руху обраного для модернізації верстата;

- побудувати кінематичну структуру верстата та розробити для неї відповідну кінематичну схему;

- запропонувати силовий розрахунок коробки швидкостей (зубчастих коліс та валів), а також на основі обґрунтованих міркувань представити конструкцію шпиндельного вузла;

- встановити інструментальне забезпечення для фрезерної операції, спільно із вимірювальними та допоміжними інструментами; визначити особливості різання фрезами різних типів у такому спорядженні;

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата					

- забезпечити виконання заходів охорони праці на відповідній механічній ділянці і запропонувати на основі розрахунку схеми освітлення.

## 1.2. Опис конструкції деталі

Деталь «Корпус крана» служить для забезпечення зворотньо-поступального руху поршня пневмокрана. Сам пневмокран є досить універсальним і може застосовуватись на різних операціях в машинобудуванні.

Форма заданої деталі, ознаки її конструкції, як досить типової для машинобудування, і технологічні передумови дають підстави для віднесення її у відповідності до існуючого класифікатора до корпусних деталей.

Відповідно до креслення деталі перш за все виділимо основні та допоміжні поверхні, відповідно до їх якісних характеристик. Зауважимо які поверхні підлягають механічній обробці.

При цьому основними поверхнями є:

- циліндричний отвір  $\varnothing 54H8 Ra 0,8$ , що служить внутрішньою поверхнею для руху поршня насоса;

- циліндричні отвори  $\varnothing 15H7$  для осей важеля приводу насоса.

До допоміжних поверхонь можна віднести:

- циліндричний отвір  $\varnothing 10H11$ , служить для подачі повітря;

- 6 кріпильних отворів  $M8 Ra6,3$ , що служить для кріплення бічної кришки;

- конічний отвір з різьбою конічною дюймовою  $K1/2$ ;

- конічний отвір з різьбою конічною дюймовою  $K1/4$ .

Аналіз технічних вимог всіх розмірів поверхонь деталі зводимо в таблицю 1.2.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні	Назва поверхні, зміст технічної вимоги	Точність (квалітет, ступінь)	Шорсткість (мкм)
1	2	3	4
1, 2	Площини 114-0,87	14	Ra6,3 Ra12,5
3, 4	Торці 155-1,00	14	Ra6,3
4	Циліндр $\varnothing 54H8^{(+0.048)}$	8	Ra0,8
6,7	Отвір $\varnothing 15H7$	7	Ra1,6
8	Отвір $\varnothing 14H14$	14	Ra6,3
9	Отвір $\varnothing 14H7$	7	Ra1,6
10	Отвір $\varnothing 14H14$	14	Ra6,3
11	Отвір $\varnothing 14H7$	7	Ra1,6
12,13	Торці 155-0,74	14	Ra6,3
14,15	Торці 30+0,52	14	Ra6,3
16, 17	Різьба K1/4"	14	Ra6,3
18	Різьба K1/2"	14	Ra6,3
19,21,21,22, 23,24,25	Отвір M8 L=20	14	Ra12,5
26, 27	Фаска 1,5x45°	14	Ra12,5
28	Отвір $\varnothing 10H11^{(+0.09)}$	11	Ra3,2

У відповідності до креслення деталей виготовляється з сталі Сталь 35Л ДСТУ 7809 – сталь конструкційна вуглецева якісна.

Хімічний склад матеріалу вибираємо з [1] і покажемо в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад сталі 35Л ДСТУ 7809, в %

P	Si	Mn	Ni	Cr	S
до 0,030	0,17-0,37	0,5-0,8	0,30	до 0,25	до 0,035

Із літератури [1] вибираємо механічні властивості цього матеріалу і заносимо їх у таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 35Л

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
640	530	20	45

Вказана сталь 35 завдяки її низькій вартості, а також достатнім експлуатаційним характеристикам, знайшла широке застосування у сферах машинобудування і будівництва. Щодо машинобудівного виробництва, то її застосовують для виготовлення різних типів валів та осей, шестерень, дисків і інших деталей.

Сталь 35Л лише обмежено підлягає зварюванню.

### 1.3. Визначення типу виробництва

Перш за все розрахуємо якому типу виробництва підлягає задана деталь. Для цього візьмемо до уваги річну програму випуску деталей, тобто  $N=1800$  шт. на рік, що вказано у завданні. Також врахуємо масу деталі – 9,28 кг.

Відповідно згідно, [2], тип виробництва обираємо середньо серійний, що зазначено у табл. 1.5.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Обрання типу виробництва за річною програмою випуску

Тип виробництва	Число оброблюваних на рік деталей (виробів)		
	крупних ( $M > 50$ кг)	середніх ( $50 \text{ кг} \geq M \geq 1 \text{ кг}$ )	дрібних ( $M \leq 1$ кг)
одиничне	До 5	До 10	До 100
серійне	більше 5 до 1 000	більше 10 до 5 000	більше 100 до 50000
масове	більше 1 000	більше 5 000	більше 50000

Щодо середньо-серійного типу виробництва є характерними такі особливості:

- предметно-потокова форма організації;
- характерне розміщення верстатів - за ходом технології;
- різна кваліфікація робітників та періодична повторюваність операцій;
- використання універсального та спеціалізованого обладнання ;
- спорядження універсальним оснащенням;
- використання як універсальних, так і спеціальних металорізальних інструментів;
- стандартні вимірювальні інструменти;
- у якості заготовок використовують прокат, литво, штамповки, та інші;
- собівартість продукції визначена як середня.

Представимо характеристику типу виробництва у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристики обраного типу виробництва

Характеристики	Тип виробництва		
	Одиничне	Серійне	Масове
1. Номенклатура виробів, що виготовляються	велика	обмежена	мала
2. Стабільність номенклатури	відсутня	значна	значна
3. Обсяг випуску	малий	середній	великий
4. Закріплення операцій за робочими місцями	відсутнє	часткове	повне
5. Застосовуване устаткування	універсальне	спеціалізоване	спеціальне
6. Застосовувані інструмент і технологічне оснащення	універсальні	універсальні й спеціалізовані	спеціальні
7. Кваліфікація робітників	висока	середня	переважно низька
8. Собівартість продукції	висока	середня	низька
9. Виробнича спеціалізація цехів і дільниць	технологічна	змішана	предметна, <u>подетальна</u>
10. Технологічний процес	маршрутний	типовий	операційний
11. Виробнича структура підприємства	складна	помірно складна	проста
12. Трудомісткість виготовлення виробів	висока	середня	низька

Величину оптимальної партії деталей визначають за формулою:

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

де  $N=1800$  шт - річна програма;

$a=5$ - кількість днів, що визначають необхідний запас для безперебійної роботи, у деталях що знаходяться на складі складального цеху;

$F=257$ днів – річна кількість робочих днів.

Таким чином, визначаємо величину оптимальної партії:

$$n = \frac{1800 \cdot 5}{257} = 35,2 \approx 36 \text{ шт.}$$

#### 1.4. Обґрунтування отримання заготовки

На вибір методу одержання заготовки вирішальне значення впливає конструкція і матеріал деталі, а також об'єм випуску (тип виробництва). Якщо заготовка може бути одержана декількома методами, виникає необхідність у проведенні техніко-економічного аналізу можливих варіантів, щоб на їх основі вибрати оптимальний.

Питання про доцільність того чи іншого методу одержання заготовки на даній стадії проектування може бути вирішене наступними способами:

- техніко-економічним обґрунтуванням вибору заготовки;
- розрахунком коефіцієнту використання матеріалу.

Перевагу слід віддавати тій заготовці, яка забезпечує технологічну собівартість виготовлення деталі. Якщо ж співставленні варіанти по технологічній собівартості будуть рівноцінні, то перевагу слід віддати варіанту заготовки з більш високим коефіцієнтом використання матеріалу.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки може передбачати порівняння декількох визначених варіантів відповідно до собівартостей.

Обраний тип виробництва, а також особливості конструктивної побудови деталі спільно із матеріалом, визначають можливим запропонувати два варіанти:

- відливка литтям в піщані форми (отримується ручним формуванням по дерев'яних моделях);

- відливка в піщані форми при машинному формуванні за металічними моделями.

Таким чином, можна отримати для цих двох варіантів заготовок відповідні характеристики і параметри, що зведено у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Припуски і розміри заготовок

Оброблювана поверхня, її розмір і точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки з граничними відхиленнями, мм
1	2	3	4	5
1. Заготовка – виліток у піщані форми з ручною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 3 –го ряду припусків				
Ø54H8	Rz80	2,0	4,0x2=8	Ø46±1,0
30H14	Rz80	1,8	3,6x2=7,2	22,8±0,9
155h14	Rz80	2,4	3,6x2=7,2	162,2±1,2
114h14	Rz80	2,2	3,6x2=7,2	121,2±1,1
60h14	Rz80	2,0	3,6x2=7,2	67,2±1,0

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		23

2. Заготовка – виливок у піщані форми з машинною формовкою 8-го класу точності розмірів та мас, 2-го ряду припусків

Ø54H8	Rz80	1,2	2,4x2=4,8	Ø49,2±0,6
30H14	Rz80	1,1	2,4x2=4,8	25,2±0,6
155h14	Rz80	1,6	2,4x2=4,8	Ø159,8±0,8
114h14	Rz80	1,4	2,4x2=4,8	Ø118,8±0,7
60h14	Rz80	1,2	2,4x2=4,8	64,8±0,6

Визначаємо масу заготовки, що виготовляється з Сталь 35

Маса заготовки:

$$Q_{заг} = V_{заг} \cdot \rho, \quad (1.2)$$

де  $V_{заг}$  – об’єм заготовки, см<sup>3</sup>;

$\rho = 7,8$  г/ см<sup>3</sup> – густина матеріалу Сталь 35.

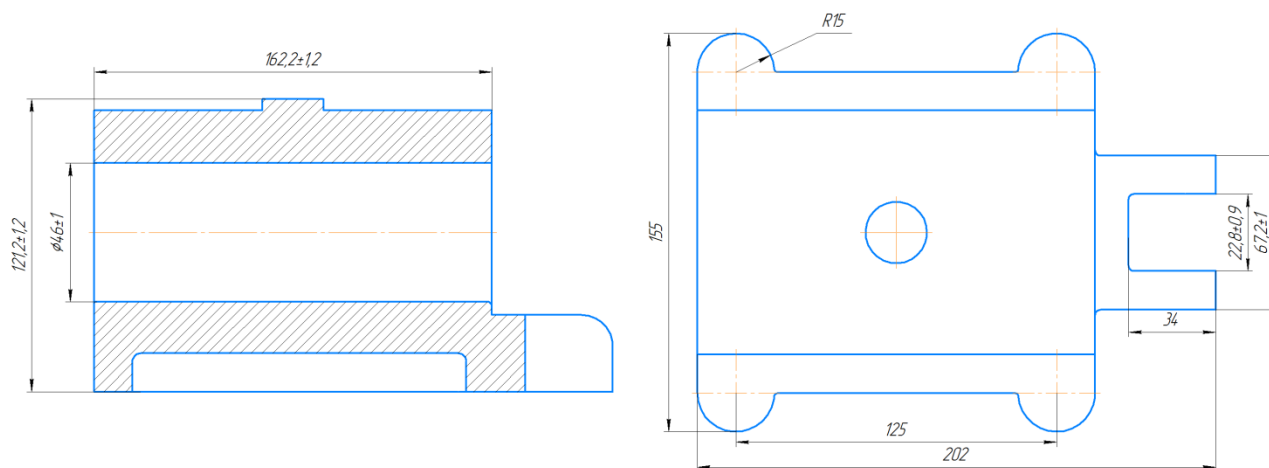


Рисунок 1.1 – Ескіз заготовки виливок у піщані форми з ручною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 3 –го ряду припусків

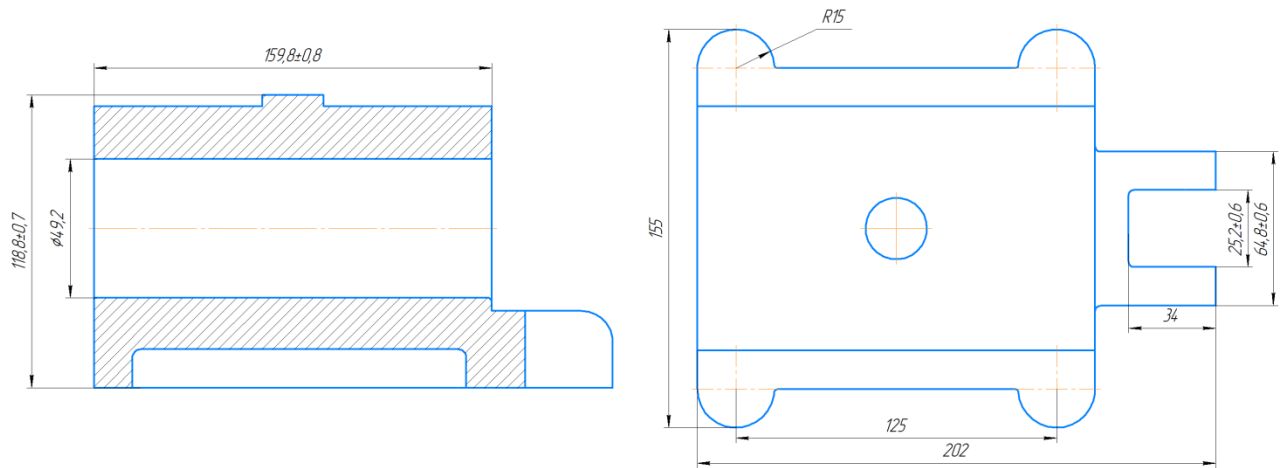


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки виливок у піщані форми з машинною формовкою 8-го класу точності розмірів та мас, 2-го ряду припусків

Об'єми заготовок визначаємо за 3-D моделлю.

$$V_{заг1} = 1244,78 \text{ см}^3$$

$$V_{заг2} = 1225,64 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу заготовки виливок у піщані форми з ручною формовкою 10-го класу точності розмірів та мас, 3-го ряду припусків:

$$Q_{заг1} = V_{заг1} \cdot \rho = 1244,78 \cdot 7,8 = 1674 \text{ г} = 9,71 \text{ кг}$$

Визначаємо масу заготовки виливок у піщані форми з машинною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 2-го ряду припусків:

$$Q_{заг2} = V_{заг2} \cdot \rho = 1225,64 \cdot 7,8 = 1,601 \text{ г} = 9,56 \text{ кг}$$

Собівартість заготовок виливків визначаємо за формулою, згідно [2]:

$$C_{заг} = \frac{S \cdot Q_{заг} \cdot K_{II}}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет}) \cdot S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (1.3)$$

де  $Q_{заг}$  – маса заготовки, кг;

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$Q_{дет}$  – маса деталі, кг;

$S_{відх} = 2250$  грн/т– базова вартість 1 тони відходів;

$S$  – ціна 1 кілограма заготовок отриманих литтям, 30 грн.

$$K_{п} = K_{св} \cdot K_{ст} \cdot K_{мв} \cdot K_{пмв} = 0,81 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 1,15$$

Коефіцієнт, що враховує складність виливків  $K_{св}=0,81$ ;

Коефіцієнт, що враховує зменшення стінки  $K_{ст}=1,10$ ;

Коефіцієнт, що враховує матеріал виливка  $K_{мв}=1,0$ ;

Коефіцієнт, що враховує масу виливка  $K_{пмв}=1,3$ ;

Підставивши вибрані значення елементів формули, отримаємо собівартість заготовки виливок у піщані форми з ручною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 3 –го ряду припусків:

$$C_{заг1} = \frac{30000 \cdot 9,71 \cdot 1,15}{1000} - \frac{(9,71 - 9,28) \cdot 2250}{1000} = 334,02 \text{ грн.}$$

Підставивши вибрані значення елементів формули, отримаємо собівартість заготовки виливок у піщані форми з машинною формовкою 8-го класу точності розмірів та мас, 2–го ряду припусків:

$$C_{заг2} = \frac{30000 \cdot 9,56 \cdot 1,15}{1000} - \frac{(9,56 - 9,28) \cdot 2250}{1000} = 329,19 \text{ грн.}$$

А врахувавши коефіцієнт інфляції 30% в собівартість заготовки отримаємо:

$$C_{заг1} = 334,02 \cdot 1,30 = 434,27 \text{ грн.}$$

$$C_{заг2} = 329,19 \cdot 1,30 = 427,94 \text{ грн.}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					26

Проведемо вибір заготовки за коефіцієнтом використання матеріалу.

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$K_{в.м.} = Q_{дет} / Q_{заг} \quad (1.4)$$

Для заготовки виливок у піщані форми з ручною формовкою 10-го класу точності розмірів та мас, 3 –го ряду припусків:

$$K_{в.м.} = 9,28 / 9,71 = 0,95$$

Для заготовки виливок у піщані форми з машинною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 2–го ряду припусків:

$$K_{в.м.} = 9,28 / 9,56 = 0,97$$

Основні показники розрахунку заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 - Порівняльна таблиця варіантів отримання заготовки

Характеристика	Варіант 1	Варіант 2
Вид заготовки	відливка у піщані форми з ручною формовкою 9-го класу точності розмірів та мас, 3 –го ряду припусків	відливка у піщані форми з машинною формовкою 8-го класу точності розмірів та мас, 2–го ряду припусків
Маса заготовки, кг	<b>9,71</b>	<b>9,56</b>
Вартість заготовки, грн	<b>434,27</b>	<b>427,94</b>
<i>K<sub>в.м.</sub></i>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>

Висновок: заготовка виливок у піщані форми з машинним формуванням 9-го класу точності розмірів та мас, 2-го ряду припусків отримується дешевшим способом. При цьому коефіцієнт використання матеріалу є вищим. Відповідно це відповідає рекомендаціям для середньо-серійного типу виробництва з врахуванням заданої програми випуску деталей.

Таким чином, обираємо заготовку за варіантом 1, і саме цей варіант заготовки приймаємо для подальшого відпрацювання технології.

### 1.5. Розроблення маршрутного технологічного процесу

Для того, щоб розробити технологічний процес, складають укрупнену послідовність обробки деталі, тобто маршрутну технологію. При цьому користуються принципом застосування можливих методів оброблення окремих поверхонь.

Для такого припрацювання враховують особливості і параметри точності початкової заготовки. Важливе значення мають габаритні розміри заготовки, а також параметри точності та якості власне деталі. Відповідно враховується і прийнятий тип виробництва. Зрозуміло, що в результаті можна отримати декілька варіантів методів оброблення. Так само різним може виявитись і кількість переходів навіть при обробленні однієї поверхні. Відповідно переважним виявляється той маршрут, за допомогою якого досягають найкоротшого шляху при умові забезпечення вимог точності і шорсткості та інших характеристик. Також прагнуть до мінімізації кількості переходів. Отримані варіанти механічного оброблення перевіряють на технологічну сумісність. Треба мати на увазі, що доцільно оброблення при можливості здійснювати за одну установку.

Таким чином, для виконання поставлених завдань можна запропонувати таку послідовність:

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

1) визначення окремих поверхонь вибраної заготовки, що підлягають обробленню;

2) для кожної із поверхонь пропонують окремий метод оброблення, його розбивають на стадії, дотримуючись забезпечення технічних умов для поверхонь, з врахуванням досягнення економічно доцільної точності.

Відповідна послідовність дозволяє при використанні принципу постійності і суміщення баз, а також згаданої вище сумісності операцій і їх переходів, сформуванню маршрутний технологічний процес.

Таким чином, для виготовлення деталі «корпус крана» в умовах середньо-серійного виробництва можна застосувати наступну маршрутну технологію.

#### **Операція 005. Фрезерна.**

Фрезерувати поверхню 1 в розміри 195x165, 116,4-0,87.

#### **Операція 010. Вертикально-свердлильна**

Центрувати отвори 8,9,10,11.

Свердлити отвори 8, 9 в розмір  $\varnothing 14$ .

Свердлити отвори 11 і 12 в розмір  $\varnothing 13,6$ .

Зенкерувати отвори 11 і 12 в розмір  $\varnothing 13,8$ .

Розвернути отвори 11 і 12 в розмір  $\varnothing 14H8$ .

#### **Операція 015. Вертикально-свердлильна**

Центрувати отвір 28.

Свердлити отвір 28 в розмір  $\varnothing 9,8 L=24,5$ .

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		29

Розвернути отвір 28 в розмір  $\varnothing 10H8 L=24,5$ .

Цекувати отвір 13 в розмір  $\varnothing 17H14 L=15$ .

Цекувати площину 2 в розмір 114-0,87.

Розвернути отвір 12 в розмір  $\varnothing 17,9$ .

Нарізати фаску 1,5x45.

Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 10.

### **Операція 020. Комплексна з ЧПК**

Установ 1.

Центрувати отвір 16.

Свердлити отвір 16 в розмір  $\varnothing 4,8 L=24,5$ .

Розвернути отвір 16 в розмір  $\varnothing 5H8 L=24,5$ .

Цекувати отвір 16 в розмір  $\varnothing 7H14 L=19,5$ .

Розвернути отвір 16 в розмір  $\varnothing 13,572$ .

Нарізати фаску 1,0x45.

Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 16.

Установ 2.

Центрувати отвір 17.

Свердлити отвір 17 в розмір  $\varnothing 4,8 L=24,5$ .

Розвернути отвір 17 в розмір  $\varnothing 5H8 L=24,5$ .

Цекувати отвір 17 в розмір  $\varnothing 7H14 L=19,5$ .

Розвернути отвір 17 в розмір  $\varnothing 13,572$ .

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



Нарізати фаску 1,0x45.

Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 17.

Установ 3.

Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 157,4-1.

Розточити циліндричну поверхню 5 попередньо в розмір  $\varnothing 51,4^{+0,740}$ .

Розточити циліндричну поверхню 5 напівчисто в розмір  $\varnothing 52,9^{+0,190}$ .

Розточити циліндричну поверхню 5 чисто в розмір  $\varnothing 53,9^{+0,074}$ .

Розточити циліндричну поверхню 5 тонко в розмір  $\varnothing 54^{+0,046}$  L=16.

Нарізати фаску 26 в розмір 1x45 °

Центрувати отвори 19-24.

Свердлити отвори 19-24 в розмір  $\varnothing 7,5$  L=20 мм,

Нарізати фаски 19-24 в розмір 0,5x45°,

Нарізати різь М8 в отворах 19-25 L=20 мм.

Установ 4.

Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 155-1.

Нарізати фаску 27 в розмір 1x45 °

Центрувати отвіри 25.

Свердлити отвір 25 в розмір  $\varnothing 7,5$  L=20 мм,

Нарізати фаску в розмір 0,5x45°,

Нарізати різь М8 в отворі 25 L=20 мм.

Фрезерувати поверхні 14 і 15 одночасно в розмір 30.

Фрезерувати поверхні 12 і 13 одночасно в розмір 60.

**Операція 025. Контроль.**

Контролювати розміри згідно креслення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		31

## 1.6. Визначення припусків і проміжкових розмірів

Припуски розраховують аналітично або ж таблично. Скористаємось в даному випадку табличним методом щодо всіх поверхонь, які обробляються. Врахуємо, що в нашому випадку не використовуються інструменти з фасонними поверхнями.

Відомо, що припуски для розроблення технологічного процесу є надзвичайно важливими параметрами. Вони зазначаються у технологічній документації, і залежно від них обирають різальні інструменти, конструюють спорядження. Припуски є вагомими складовими при визначенні режимів різання.

З літератури [2] визначаємо величини міжопераційних та проміжкових припусків.

Зведемо їх у єдину таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 - Розрахунок припусків та інших розмірів табличним методом

Обробка циліндричної поверхні Ø54H8					
Розточування тонке	8	Ra0,16	0,046	0,1	Ø54+0,046
Розточування чистове	9	Ra2,5	0,074	1,0	Ø53,9+0,074

Продовження таблиці 2.9

Розточування напівчистове	11	Ra6,3	0,190	1,5	Ø52,9+0,190
Розточування чорнове	14	Ra12,5	0,740	2,2	Ø51,4+0,740
Заготовка виливок	Звичайна	Rz160	1,2	-	Ø49,2±0,6

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Обробка циліндричної поверхні Ø14H8					
Розвертання остаточне	8	Ra1,6	0,027	0,2	Ø14+0,027
Зенкеруван- ня	11	Ra6,3	0,11	0,3	Ø13,75+0,11
Свердління	14	Ra12,5	0,43	4,75	Ø13,5+0,43
Заготовка вилівок	Звичайна	Rz160	1,4	-	-

### 1.7. Розробка операційних технологій

Базовою для подальших розробок є операція 005 – вертикально-фрезерна. Для неї розробимо операційну технологію. Виконання цієї операції прийнято забезпечується фрезерним верстатом моделі 6P83Г. За технологічні бази при цьому служать поверхня 2 а також торець 11.

Для операції застосовується спеціальне пристосування з пневмозатиском. При цьому базуванням деталі здійснюється на призми.

Операція складається з таких переходів:

1. Встановити деталь .
2. Фрезерувати поверхню 1 в розміри 195x165, 116,4-0,87
3. Зняти деталь.
- 4.Перевірити розмір 116,4-0,87

Інструмент, що використовується на операції:

Фреза торцова SSD160-12160R, кут в плані 90°, D=250 мм, d=50.8 мм, ріжуча пластина SDMT1204PDER .

Штангенциркуль Тип CR 2032 250-0,05 DIN862.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		33

Розробляємо операційну технологію для операції 010 – вертикально-свердлильна. Для виконання цієї операції прийнято свердлильний верстат 2Н135. Технологічні бази – такі ж як для операції 005 (поверхні 2 і 11). Пристосування спеціальне з пневмозатиском – з базуванням по призмах. деталі на призми

Операція складається з таких переходів:

1. Встановити деталь .
2. Свердлити центрувальні отвори.
3. Свердлити отвори 8,9 в розміри  $\varnothing 14H14$ .
4. Свердлити отвори 10 і 11 в розмір  $\varnothing 13,5$ .
5. Зенкерувати отвори 10 і 11 в розмір  $\varnothing 13,75$ .
6. Розвернути отвори 10 і 11 в розмір  $\varnothing 14H8$ .
7. Зняти деталь.
- 8.Перевірити розміри  $\varnothing 14H14$ ,  $\varnothing 14H8$ .

Інструмент, що використовується на операції:

Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=2 мм

Сверло спіральне  $\varnothing 14$  L=189 DIN 338 з конічним хвостовиком

Сверло спіральне  $\varnothing 13,5$  L=189 DIN 338 з конічним хвостовиком

Зенкер 2320-2564  $\varnothing 13,75$  L=189 DIN 345 тип N

Розвертка  $\varnothing 14$  L=160 DIN 204 тип N

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль.

Калібр пробка  $\varnothing 14H8$ .

Опишемо технологію для операції вертикально-свердлильної 015. Використаний свердлильний верстат 2Н135. Технологічні бази - поверхня 1, отвори 10 і 11. Використовується базуванням заготовки на призми.

1. Встановити деталь.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		34

2. Центрувати отвір 18.
3. Свердлити отвір 18 в розмір  $\varnothing 9,8$  L=24,5.
4. Розвернути отвір 18 в розмір  $\varnothing 10H8$  L=24,5.
5. Цекувати отвір 18 в розмір  $\varnothing 17H14$  L=15.
6. Цекувати площину 2 в розмір 114-0,87.
7. Розвернути отвір 18 в розмір  $\varnothing 18,63$ .
8. Нарізати фаску 1,0x45.
9. Нарізати конічну різь К 1/2" в отворі 18.

Інструмент, що використовується на операції:

Свердло центровальне HSS DIN 333A, d=2 мм

Свердло спіральне  $\varnothing 14$  L=189 DIN 338 з конічним хвостовиком.

Свердло спіральне  $\varnothing 9,8$  L=94 DIN 338 тип N.

Розвертка циліндрична  $\varnothing 10$  DIN 204 тип N.

Цековка 2350-0648 ГОСТ 26258-87, d=10 мм, D=17 мм, L=71 мм.

Цековка 2350-0719 ГОСТ 26258-87, d=17 мм, D=26 мм, L=180 мм.

Розвертка конічна 2372-0134 D= $\varnothing 18,63$  мм, d=11,314 мм.

Конічна зенківка 135 ° DIN347.

Мітчик конічний 2680-0006 К 1/2" P6M5 ГОСТ 6111.

Вимірювання:

Штангенциркуль.

Калібр-пробка різьбова ГОСТ 17758-72.

Так само розробляємо операційну технологію для операції 020 – комплексної з ЧПК. Для виконання операції вибираємо горизонтальний оброблюючий центр Doosan NHP 5500. Пристосування для закріплення заготовки на операції 020 – спеціальне пристосування із базуванням деталі на пальці з гідрозатиском.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

1. Встановити деталь.

*Установ 1.*

2. Центрувати отвір 16.
3. Свердлити отвір 16 в розмір  $\varnothing 7,8$  L=22.
4. Розвернути отвір 16 в розмір  $\varnothing 8H8$  L=22.
5. Цекувати отвір 16 в розмір  $\varnothing 10H14$  L=12.
6. Розвернути отвір 16 в розмір  $\varnothing 11,45$ .
7. Нарізати фаску 1,0x45.
8. Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 16.

*Установ 2.*

9. Центрувати отвір 17.
10. Свердлити отвір 17 в розмір  $\varnothing 7,8$  L=22.
11. Розвернути отвір 17 в розмір  $\varnothing 8H8$  L=22.
12. Цекувати отвір 17 в розмір  $\varnothing 10H14$  L=12.
13. Розвернути отвір 17 в розмір  $\varnothing 11,45$ .
14. Нарізати фаску 1,0x45.
15. Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 17.

*Установ 3.*

16. Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 157,4-1.
17. Розточити циліндричну поверхню 5 попередньо в розмір  $\varnothing 51,4^{+0,740}$ .

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

18. Розточити циліндричну поверхню 5 напівчисто в розмір  $\varnothing 52,9^{+0,190}$ .

19. Розточити циліндричну поверхню 5 чисто в розмір  $\varnothing 53,9^{+0,074}$ .

20. Розточити циліндричну поверхню 5 тонко в розмір  $\varnothing 54^{+0,046}$  L=16.

21. Нарізати фаску 26 в розмір  $1 \times 45^\circ$

22. Центрувати отвори 19-24.

23. Свердлити отвори 19-24 в розмір  $\varnothing 7,5$  L=20 мм.

24. Нарізати фаски 19-24 в розмір  $0,5 \times 45^\circ$ .

25. Нарізати різь M8 в отворах 19-24 L=20 мм.

*Установ 4.*

26. Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 155-1.

27. Нарізати фаску 27 в розмір  $1 \times 45^\circ$

28. Центрувати отвір 25.

29. Свердлити отвір 25 в розмір  $\varnothing 7,5$  L=20 мм.

30. Нарізати фаску в розмір  $0,5 \times 45^\circ$ .

31. Нарізати різь M8 в отворі 25 L=20 мм.

32. Фрезерувати поверні 14 і 15 одночасно в розмір 30.

33. Фрезерувати поверхні 12 і 13 в розмір 60.

34. Свердлити отвори 6 і 7 одночасно.

35. Розвернути отвори 6 і 7.

Інструмент, що використовується на операції:

Фреза торцова SSD160-12160R, кут в плані  $90^\circ$ , D=160 мм, d=50.8

Оправка розточна BT40-LBA-4-70 з пластиною CCGT09T304L-A1  
 $\varnothing 51,4^{+0,740}$ .

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Оправка розточна ВТ40-LBA-4-70 з пластиною CCGT09T304L-A1  
 $\varnothing 52,9^{+0,190}$ .

Оправка розточна ВТ40-LBA-4-70 з пластиною CCGT09T304L-A1  
 $\varnothing 53,9^{+0,074}$ .

Оправка розточна 6300-0901 ГОСТ 21226-75. Вставка циліндрична розточна з напаяним алмазом 2146-0103 l=16 мм.

Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=1,5 мм.

Свердло спіральне  $\varnothing 5,8$  L=117 мм, l=75 мм, DIN 338 тип N.

Розвертка циліндрична  $\varnothing 8$  DIN 204 тип N.

Цековка 2350-0648 ГОСТ 26258-87, d=10 мм, D=17 мм, L=71 мм.

Розвертка конічна 2372-0134 D= $\varnothing 18,63$  мм, d=11,314 мм.

Мітчик конічний 2680-0006 К 1/2" P6M5 ГОСТ 6111.

Свердло спіральне  $\varnothing 7,8$  L=117 мм, l=75 мм, DIN 338 тип N.

Мітчик різьбовий M8x0,5 TA157A6 ISO DIN 371.

Фреза кінцева 2220-0021  $\varnothing 20$  L=104 мм, l=38 мм, DIN 338 тип N.

Свердло спіральне  $\varnothing 14,5$  L=212 мм, l=114 мм, DIN 338 тип N.

Розвертка  $\varnothing 14$  L=160 мм, l=47 мм DIN 204 тип N.

Вимірювальним інструментом служить штангенциркуль.

Калібр-пробка конічна ГОСТ 24932-81 К 1/4".

Калібр-пробка різьбова ГОСТ 17758-72.

Калібр пробка  $\varnothing 15H8$  DIN 2245.

Калібр-пробка  $\varnothing 54^{+0,046}$  двостороння ISO DIN 2280.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		38



## 1.8. Розрахунок режимів різання.

Визначаємо режими різання табличним методом для операції 005 - фрезерна, перехід 2 – Фрезерувати поверхню 1 в розміри 195x165, 116,4-0,87.

Для виконання операції прийнято інструмент Фреза торцова SSD250-12160R, кут в плані 90°, D=250 мм, d=50.8 мм, ріжуча пластина SDMT1204PDER, z=12.

Довжину робочого ходу визначаємо за формулою:

$$L_{p.x.} = l_{різ} + y + l_{дод} \quad (1.4)$$

Де  $L_{p.x.}$  = 195 мм – довжина різання;

$y=38$  мм – підвід інструменту, врізання і перебіг;

$l_{дод} = 0$  - додаткове налагодження.

Отже  $L_{p.x.} = 233$  мм

Подача на зуб фрези:

$S_z=0,3$  мм/зуб згідно [9] с.85.

Швидкість різання

$$V = V_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{ м/хв}, \quad (1.5)$$

де  $V_{табл} = 100$  м/хв., [9]- таблична швидкість різання;

поправочні коефіцієнти: [9]:

$$k_1 = 1,1;$$

$$k_2 = 0,8;$$

$$k_3 = 1,1 .$$

Підставляємо їх у формулу (1.5)

					Арк.
					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$V = 120 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 = 96,8 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (1.6)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 96,8}{3,14 \cdot 250} = 123,3 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспорту верстату округлюємо до величини  $n = 125$  об/хв.

Тому дійсна величина швидкості для головного руху визначиться як:

$$V_d = \frac{\pi D n_d}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (1.7)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 125}{1000} = 98,12 \text{ м/хв.}$$

Хвилинну подачу визначаємо за формулою:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/хв.} \quad (1.8)$$

$$S_m = 0,3 \cdot 12 \cdot 125 = 450, \text{ мм/хв.}$$

Потужність різання досягає величини  $N_p = 10,81$  кВт [10] с.46.

Результати щодо режимів різання зводимо у таблицю 1.10.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.10 - Зведена таблиця режимів різання по операціях

Номер, назва операції, зміст переходу	<i>t</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>i</i>	<i>T<sub>m</sub></i> , хв	<i>S<sub>0</sub></i> , мм/о б	<i>V</i> , м/хв	<i>n</i> , об/хв	<i>S<sub>хв</sub></i> мм/ хв	<i>T<sub>о</sub></i> , хв	<i>N</i> , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005. Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати поверхню 1 в розмір 16-0,43	2,0	160	1	120	1,20	126	250	450	0,51	2,44
010 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити центрувальні отвори	3	3	6	30	0,12	10	710	95	0,3	0,05
Перехід 3 Свердлити отвори 8,9 в Ø14Н14	7	16	4	30	0,35	20	500	175	0,32	1,14
Перехід 4 Свердлити отвори 10,11 в розмір Ø13,5	6,75	16	2	30	0,35	20	500	175	0,32	1,06
Перехід 5 Зенкерувати отвори 10,11 в розмір Ø13,75 Н11	0,17	16	2	30	0,5	20	500	100	0,31	0,05

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 6 Чистове розвертання отворів 10,11 в розмір Ø14Н8	0,12	16	2	30	0,85	16	250	250	0,2	0,02
Всього									1,43	
015. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Центрувати отвір 18	3	3	1	30	0,12	10	710	95	0,03	0,05
Перехід 3 Свердлити отвір 18 в розмір Ø 9,8 L=24,5	4,9	24,5	1	30	0,35	20	500	175	0,12	1,14
Перехід 4 Розвернути отвір 18 в розмір Ø10Н8	0,1	24,5	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,02
Перехід 5 Цекувати отвір 18 в розмір Ø17Н14 L=15	3,5	15	1	30	0,5	20	500	100	0,15	0,05
Перехід 6 Цекувати площину 2 в розмір 114-0,87	2	2	1	30	0,5	20	500	100	0,15	0,05
Перехід 7 Розвернути отвір 18 в розмір Ø18,63	0,5	15	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,02
Перехід 8 Зенкувати фаску в розмір 1,5x45	0,75	1,5	1	30	0,12	10	710	95	0,01	0,05
Перехід 9 Нарізати конічну різь К 1/2" в отворі 19	0,5	15	1	30	0,25	8	425	213	0,15	0,38
Всього									0,81	
020. Комплексна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати отвір 16	3	3	1	30	0,12	10	710	95	0,02	0,05

											Арк.
											42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3 Свердлити отвір 16 в розмір $\varnothing 7,8$ L=22	3,9	22	1	30	0,35	20	500	175	0,10	1,14
Перехід 4 Розвернути отвір 16 в розмір $\varnothing 8$ H8 L=22	0,1	22	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,02
Перехід 5 Цекувати отвір 16 в розмір $\varnothing 11$ H14 L=12	1,5	12	1	30	0,5	20	500	100	0,11	0,05
Перехід 6 Розвернути отвір 16 в розмір $\varnothing 11,45$	0,25	12	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,5
Перехід 7 Нарізати фаску 1,0x45	0,5	1	1	30	0,12	10	710	95	0,01	0,05
Перехід 8 Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 16	0,5	12	1	30	0,25	8	425	213	0,12	0,38
Перехід 9 Центрувати отвір 16	3	3	1	30	0,12	10	710	95	0,02	0,05
Перехід 10 Свердлити отвір 17 в розмір $\varnothing 7,8$ L=22	3,9	22	1	30	0,35	20	500	175	0,10	1,14
Перехід 11 Розвернути отвір 17 в розмір $\varnothing 8$ H8 L=22	0,1	22	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,02
Перехід 12 Цекувати отвір 17 в розмір $\varnothing 11$ H14 L=12	1,5	12	1	30	0,5	20	500	100	0,11	0,05
Перехід 13 Розвернути отвір 17 в розмір $\varnothing 11,45$	0,25	12	1	30	0,85	16	250	250	0,1	0,5
Перехід 14 Нарізати фаску 1,0x45	0,5	1	1	30	0,12	10	710	95	0,01	0,05
Перехід 15 Нарізати конічну різь К 1/4" в отворі 17	0,5	12	1	30	0,25	8	425	213	0,12	0,38

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 16 Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 157,4-1	2,4	93	1	120	0,1	98	260	312	0,51	4,37
Перехід 17 Розточити циліндричну поверхню 5 попередньо в розмір $\varnothing 51,4^{+0,740}$	1,1	155	1	90	0,35	92	560	202	0,76	1,40
Перехід 18 Розточити циліндричну поверхню 5 напівчисто в розмір $\varnothing 52,9^{+0,190}$	0,75	155	1	90	0,3	96	560	179	0,87	0,86
Перехід 19 Розточити циліндричну поверхню 5 чисто в розмір $\varnothing 53,9^{+0,074}$	0,5	155	1	90	0,1	120	720	72	2,1	0,31
Перехід 20 Розточити циліндричну поверхню 5 тонко в розмір $\varnothing 54^{+0,046}$ L=16	0,05	155	1	90	0,1	125	740	74	2,1	0,03
Перехід 21 Нарізати фаску 26 в розмір 1x45°	0,5	1	1	90	0,3	96	560	179	0,01	0,03
Перехід 22 Центрувати отвори 19-24.	1,5	2	6	30	0,12	10	710	95	0,06	0,05
Перехід 23 Свердлити отвори 19-24 в розмір $\varnothing 7,5$ L=20 мм	3,8	20	6	30	0,2	20	1200	255	0,47	0,75
Перехід 24 Нарізати фаски 19-24 в розмір 0,5x45°	0,25	0,5	6	30	0,2	20	1200	255	0,06	0,19
Перехід 25 Нарізати різь М8-7Н в отворах 19-24 L=20 мм	0,5	20	6	30	0,25	8	320	159	0,93	0,5
Перехід 26 Фрезерувати торцеву поверхню 3 в розмір 155-1	2,4	93	1	120	0,1	98	260	312	0,51	4,37

											Арк.
											44
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата							

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 27 Нарізати фаску 27 в розмір 1x45°	0,5	1	1	90	0,3	96	560	179	0,01	0,03
Перехід 28 Центрувати отвір 25	1,5	2	1	30	0,12	10	710	95	0,01	0,05
Перехід 29 Свердлити отвір 25 в розмір $\varnothing 7,5$ L=20 мм	3,8	20	1	30	0,2	20	1200	255	0,09	0,75
Перехід 30 Нарізати фаску в розмір 0,5x45°	0,25	0,5	1	30	0,2	20	1200	255	0,01	0,19
Перехід 31 Нарізати різь М8-7Н в отворі 25 L=20 мм	0,5	20	1	30	0,25	8	320	159	0,15	0,5
Перехід 32 Фрезерувати поперні 14 і 15 в розмір 30	2,4	32	2	60	0,08	47	750	60	0,8	0,23
Перехід 33 Фрезерувати поверхні 12 і 13 в розмір 60	2,4	40	2	60	0,08	47	750	60	0,9	0,23
Перехід 34 Свердлити отвори 6 і 7 одночасно в розмір $\varnothing 14,5$	7,2	15	2	30	0,3	20	450	154	0,3	1,48
Перехід 35 Розвернути отвори 6 і 7 в розмір $\varnothing 15H7$	0,25	15	2	30	0,85	16	340	289	0,2	0,3
Всього									11,9	

										Арк.
										45
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

## 1.9. Розрахунок технічних норм часу

Операція 025 комплексна з ЧПК.

Норма штучного часу при роботі на верстатах з ЧПК визначається за формулою згідно [12] С.5 за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{\delta}) \cdot \left( 1 + \frac{\alpha_{т.о.} + \alpha_{о.о.} + \alpha_{в.}}{100} \right), \text{ хв} \quad (1.9)$$

де  $T_{ц.а.}$  – час автоматизації роботи верстату по програмі, який складається з основного і допоміжного автоматичного часу;

$T_{\delta}$  – допоміжний час, який не перекривається допоміжним автоматичним часом;

$\alpha_{т.о.} + \alpha_{о.о.} + \alpha_{в.}$  – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця і час на відпочинок. Визначається у відсотках від оперативного часу. Становить 7% від оперативного [12] С.90 карта 16 - час автоматичної роботи верстату по програмі складається з основного і допоміжного часу для переміщення робочих органів на швидкісному (холостому) русі.

Час автоматизації роботи верстату по програмі визначається за формулою:

$$T_{ц.а.} = T_0 + T_{х.р.} + T_{з.і.}, \text{ хв} \quad (1.10)$$

де:

$T_0$  – за сумою  $T_0$  на переходах;

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$T_{x.p.}$  – рух на швидкісній подачі складається із поздовжніх рухів (вісь Y) з швидкістю 6000 мм/хв., поперечних переміщень (по осі X) з швидкістю 6000 мм/хв; вертикальних переміщень (вісь Z) з швидкістю 6000 мм/хв.

$T_{z.i.}$  – час автоматизованої заміни інструменту. Оскільки в магазині 9 інструментів,  $T_{z.i.} = 0,015 \cdot 16 = 0,24$  хв.

Враховавши переміщення по осях

$$X = 38 + 38 + 38 + 38 + 38 + 38 + 38 + 30 + 30 + 15 + 15 + 40 + 40 + 40 + 40 + 40 + 40 + 60 + 60 + 30 + 30 = 668 \text{ мм}$$

$$T_{x.px} = 668 / 6000 = 0,11$$

Враховавши переміщення по осях

$$Y = 20 + 20 + 20 + 34 + 34 + 155 + 155 + 155 + 6 \times 20 = 713 \text{ мм}$$

$$T_{x.py} = 713 / 6000 = 0,12$$

Враховавши переміщення по осях

$$Z = 114 + 100 + 38 \times 6 + 20 + 60 + 60 = 582 \text{ мм}$$

$$T_{x.pz} = 582 / 6000 = 0,09$$

$$\text{Отже, } T_{\Sigma.a.} = 11,9 + 0,11 + 0,12 + 0,09 + 0,24 = 12,46, \text{ хв}$$

Допоміжний час, який не перекривається допоміжним автоматичним часом, визначається за формулою:

$$T_{\Delta} = T_o + T_y + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (1.11)$$

де

$T_{\text{уст.}} = 0,12$  хв – час на встановлення і зняття деталі [12] С.59 карта 7;

$T_{\text{упр.}} = 0,60$  хв – час пов'язаний з виконанням операції [12] С.79 карта 14;

$T_{\text{вим.}} = 0,28$  хв – час на вимірювання. Даний час перекривається часом автоматичної роботи і не враховується

Тоді

$$T_{\Delta} = 0,12 + 0,60 = 0,72, \text{ хв}$$

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Оперативний час визначаємо за формулою:

$$T_{оп.} = T_{ц.а.} + T_{д}, \text{ хв} \quad (1.12)$$

$$\text{Отже } T_{оп.} = 12,46 + 0,72 = 13,18, \text{ хв}$$

$$\text{Тоді } ат.о.+ао.о.+ав. = 13,18 \cdot \frac{7\%}{100\%} = 0,94 \text{ хв.}$$

Штучний час на виконання операції становить:

$$T_{шт} = (12,46 + 0,72) \cdot (1 + 0,94) = 25,56 \text{ хв.}$$

Норма часу на виконання операції на одному верстаті з ЧПК  
визначається:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \text{ хв} \quad (1.13)$$

де  $T_{н.з.}$  – підготовчо заключний час на налагодження і настроювання  
верстату, визначаємо за формулою згідно [12] С.8:

$$T_{нз} = T_{нз1} + T_{нз2} + T_{пр.обр}, \text{ хв} \quad (1.14)$$

де

$T_{нз1}$  – норма часу на організаційну підготовку, хв;

$T_{нз2}$  – норма часу на налагодження верстату, хв;

$T_{пробр}$  – норма часу на пробну обробку деталі.

$$T_{нз1} = 4 + 2 + 2 + 9 = 17 \text{ хв [12] С.96 карта 21;}$$

$$T_{нз2} = 0,8 + 1,5 + 0,15 + 0,7 + 1,0 + 2,0 + 0,2 = 6,35 \text{ хв [12] С.96 карта 21;}$$

$$T_{пробр} = 9,3 \text{ хв [12] с.104 карта 28.}$$

$$\text{Тоді } T_{нз} = 17 + 6,35 + 9,3 = 32,65 \text{ хв.}$$

Відповідно

$$T_{шт.к.} = 25,56 + \frac{32,65}{36} = 26,46 \text{ хв.}$$

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 010. Вертикально-сверлильна.

$\Psi_K=1,75$  [2].

$T_0=1,43$  хв.

$T_{шт.к.}=1,75 \cdot 1,43=2,50$  хв.

Операція 015. Вертикально-сверлильна.

$\Psi_K=1,75$  [2].

$T_0=0,83$  хв.

$T_{шт.к.}=1,75 \cdot 0,83=1,45$  хв.

Всі отримані значення норм часу зводимо у таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Норми часу на механічну обробку

Номер і назва операції	$T_0$ , хв	$T_d$ , хв			$T_{оп}$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{пз}$ , хв	$T_{шт.к.}$ , хв
		$T_{ус}$ <i>t</i> , хв	$T_{уп}$ <i>p</i> , хв	$T_{ви}$ <i>m</i> , хв				
005. Вертикально-фрезерна	0,51	0,08	0,03	0,18	0,80	1,21	16	1,43
010. Вертикально-сверлильна	1,43	-	-	-	-	-	-	2,50
015. Вертикально-фрезерна	0,83	-	-	-	-	-	-	1,45
020. Комплексна з ЧПК	11,9	0,12	0,60	0,28	13,18	25,56	32,6	26,46

## Висновок до розділу 1

1. Проаналізована конструкція крану пневматичного з точки зору технологічності та деталь – корпус крана -, її конструкція та матеріал.
2. Визначений тип виробництва та розроблена маршрутно-операційна схема технологічного процесу.
3. Запропоновані операційні технології для маршруту.
4. Розраховані режими різання .

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

## 2. Верстатне забезпечення

### 2.1. Аналіз верстатів аналогічного призначення

В плані вибору верстату аналога проаналізуємо верстати, що використовуються для фрезерних операцій. Фрезерна група охоплює понад 30% загальних типорозмірів верстатів. Слід відмітити, що удосконалення конструкцій вертикально-фрезерних верстатів дозволяє у ряді випадків використовувати їх замість верстатів токарних, горизонтально-фрезерних та інших.

Зокрема, можна відмітити фрезерні верстати, що працюють в напівавтоматичному або ж автоматичному циклах. До таких верстатів можна віднести такі моделі як ЛФ260, МА655А2, МА655А3, 656П, 6550Ф3, 6560Ф3 колишнього радянського виробництва, а також моделі ряду закордонних країн: вертикально-обробні центри фірм: HAAS (моделі ряду VM), Hardinge Bridgeport (моделі ряду VMC), Leadwell CNC (модель V30) та інші.

Проаналізуємо деякі з них.

У верстатах радянського виробництва часто використовувались асинхронний двигун та коробка швидкостей (12-20 степеней) з рухомими блоками зубчастих коліс або ж коробка, споряджена електромагнітними муфтами. При цьому забезпечувався діапазон регулювання в межах 30-50. Для забезпечення подач застосовувався гідравлічний слідкуючий привід з кроковим двигуном. Зокрема, вертикально-фрезерний верстат 6Р81Ф3 з контурною системою ЧПК є досить продуктивним, проте має недоліки, пов'язані із ступінчастою коробкою швидкостей, відсутністю автоматичної зміни інструментів, невеликим діапазоном подач та малою швидкістю неробочих переміщень.

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			Верстатне забезпечення	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луців І.В.</i>					51	514
<i>Реценз.</i>						МВс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

Багатоцільовий верстат MA655A3 має вертикальну компоновку, є високопродуктивним і споряджений контурною системою ЧПК. Проте його коробка швидкостей має аж 18 ступеней, заміна інструменту відбувається з допомогою револьверної головки, що ускладнює конструкцію шпиндельної бабки, головний двигун є недостатньо потужним, малими є діапазони швидкостей і подач.

Такі ж недоліки спільно із малою швидкістю швидкісних переміщень можна віднести і до моделі верстату MA655A2.

Щодо верстатів закордонних фірм, то у якості головного приводу використовують двигуни постійного струму. При цьому такі двигуни володіють широким діапазоном регулювання, що дозволяє забезпечити безступеневе регулювання швидкостей і відмовитись від громіздких коробок швидкостей. Привід подач застосовують електромеханічного типу на основі високомоментного двигуна і передачі гвинт-гайка кочення. Ці верстати передбачають зовнішні зворотні зв'язки за позицією робочого органу і по швидкості.

Як приклад можна навести верстати серії VM фірми HAAS. Ці верстати представляють собою вертикальні високопродуктивні обробні центри. Вони є високоточними і забезпечують задовільну жорсткість, необхідну температурну стабільність, що є достатніми для виготовлення прецизійних виробів. Частота обертів шпинделя складає 7500-30000 об/хв. Верстат споряджений столом великих розмірів із широкими можливостями для закріплення деталей. Програмне керування забезпечує переключення обертів шпинделя, його вмикання і вимикання, точне переміщення стола, фрезерної головки та автоматичну заміну інструментів.

## 2.2. Призначення і характеристики базової моделі

Оцінюваною технологічною операцією є 005 Фрезерна. Для виконання такої операції можна запропонувати вертикальний консольно-фрезерний верстат. Загальний вигляд цього верстату представлено на фото рис. 2.1.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

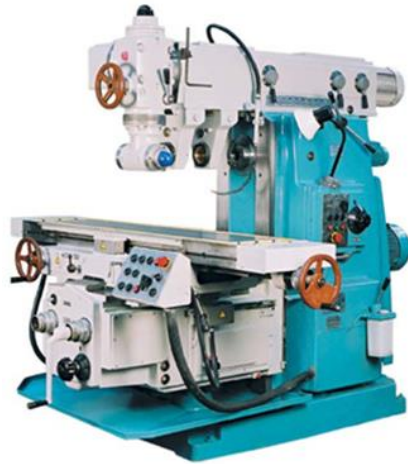


Рисунок 2.1 – Вертикальний консольно-фрезерний верстат

Відповідно до нашого випадку обираємо верстат-аналог, а саме верстат вертикальний консольний моделі 6E12. Призначення такого верстату – фрезерування поверхонь деталей із сталей, чавунів та кольорових металів.

Цей верстат застосовують у серійному та індивідуальному виробництві. Він дозволяє обробляти площини (вертикальні, горизонтальні і похилі), а також пази, рамки та інші елементи. На верстаті з метою розширення технологічних властивостей можна застосовувати додатково ряд пристосувань: ділильну головку, поворотний круговий стіл та інші.

Характеристики жорсткості і технологічні можливості даної моделі дозволяють використовувати швидкорізальні та твердосплавні інструменти у повному обсязі.

При цьому можливості налагодження верстату на різні цикли напівавтоматичного та автоматичного плану дають можливість організувати багатOVERстатне обслуговування.

Наведемо базові технічні дані та основні характеристики верстата-аналога моделі 6T12 (табл. 2.1).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики фрезерного верстату моделі 6Т12

Характеристики	Одиниці
Переміщення вздовж осей:	
X (мм)	800
Y (мм)	270
Z (мм)	420
Розміри стола (габаритні), мм	320x1250
Навантаження на стіл (максимальне), кг	400
Частоти обертання шпинделя (об/хв)	31,5-1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Потужність приводу головного руху (кВт)	7,5
Подача стола (мм/хв):	
вертикальна	4,1-530
горизонтальна	12,5 -1600
поперечна	12,5 -1600
Швидкості швидких переміщень (мм/хв):	
вертикальна	1330
горизонтальна	4000
поперечна	4000
Хід гільзи шпинделя,(мм)	70
Відстань від торця шпинделя до столу, (мм)	30-450
Маса верстата, (кг)	3400

Клас точності верстата – Н, нормальний.

Найбільший при чорновій обробці допустимий діаметр фрез – 200мм.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



Слід зауважити, що межі використання для головного приводу обмежуються номінальною потужністю двигуна.

Окремі обмеження стосуються параметрів режимів різання, зокрема подачі на зуб, і використання фрез із нерівномірним кроком для уникнення вібрацій.

Для низьких частот обертання шпинделя лімітуючи ми характеристиками є міцність приводу головного руху і жорсткість системи

Наведемо основні параметри для стола (рис. 2.1.) і переднього кінця шпинделя (рис. 2.3) верстату-аналога 6Т12.

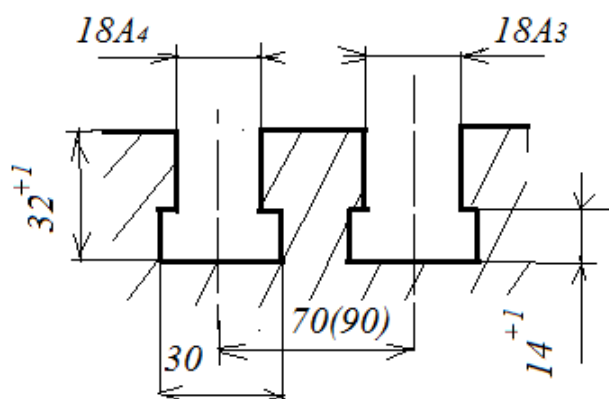


Рисунок 2.2 – Параметри Т-подібних пазів стола консольно-фрезерного верстату-аналога

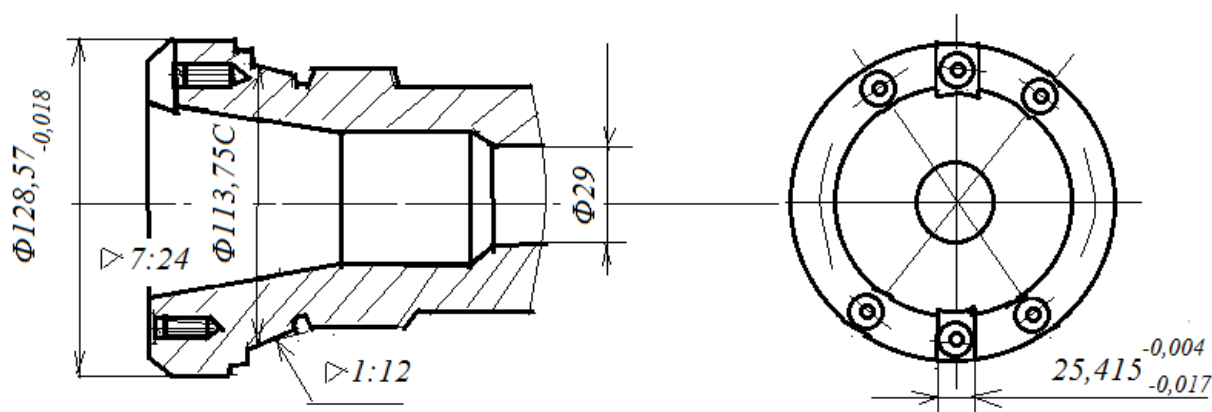


Рисунок 2.3 – Характеристики переднього кінця шпинделя верстату-аналога

					Арк.
					55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Зобразимо також компоувальну схему верстата.

Зрозуміло, що компоувка шуканого верстату передбачає переміщення стола вздовж осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  відносно нерухомої станини  $O$ . Якщо врахувати обертання шпинделя з інструментом  $C_v$ , та допоміжне переміщення шпинделя  $w$ , то отримаємо формулу компоувки  $XYZ0wC_v$ .

Таким чином матимемо для вертикально-фрезерного верстату варіант компоувки, представлений на рис. 2.4.

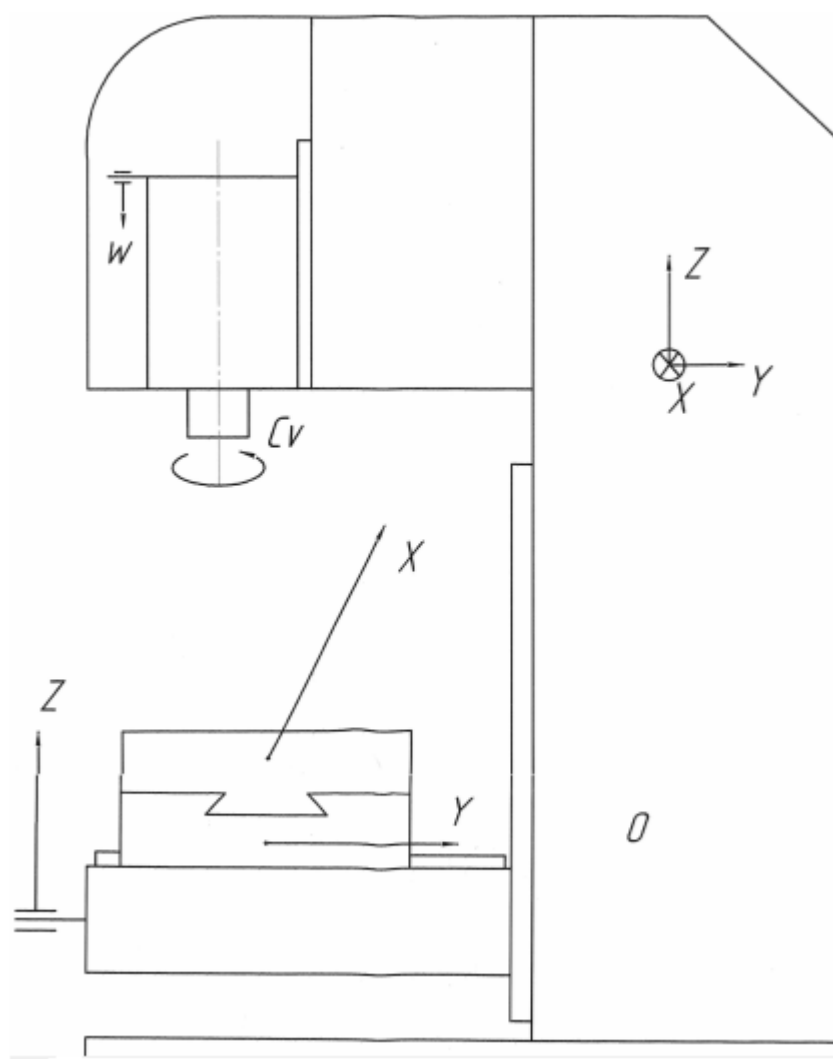


Рисунок 2.4 – Компоувка верстату

					Арк.
					56
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	

### 2.3. Опис структурно-кінематичної схеми

На основі рухів формоутворення та інших, які необхідні для функціонування верстату і представлені на схемі компоновки, будуюмо структурно-кінематичну схему верстату.

При цьому серед рухів верстату розрізняємо головний рух формоутворення  $\Phi_v(O_1)$  та формоутворюючі рухи подач – вздовж осі X  $\Phi_s(\Pi_2)$ ; вздовж осі Y  $\Phi_s(\Pi_3)$ ; вздовж осі Z  $\Phi_s(\Pi_4)$ , а також установчий рух  $Уст(\Pi_5)$ .

Тоді структурно-кінематична схема верстату матиме вигляд, зображений на рис. 2.5.

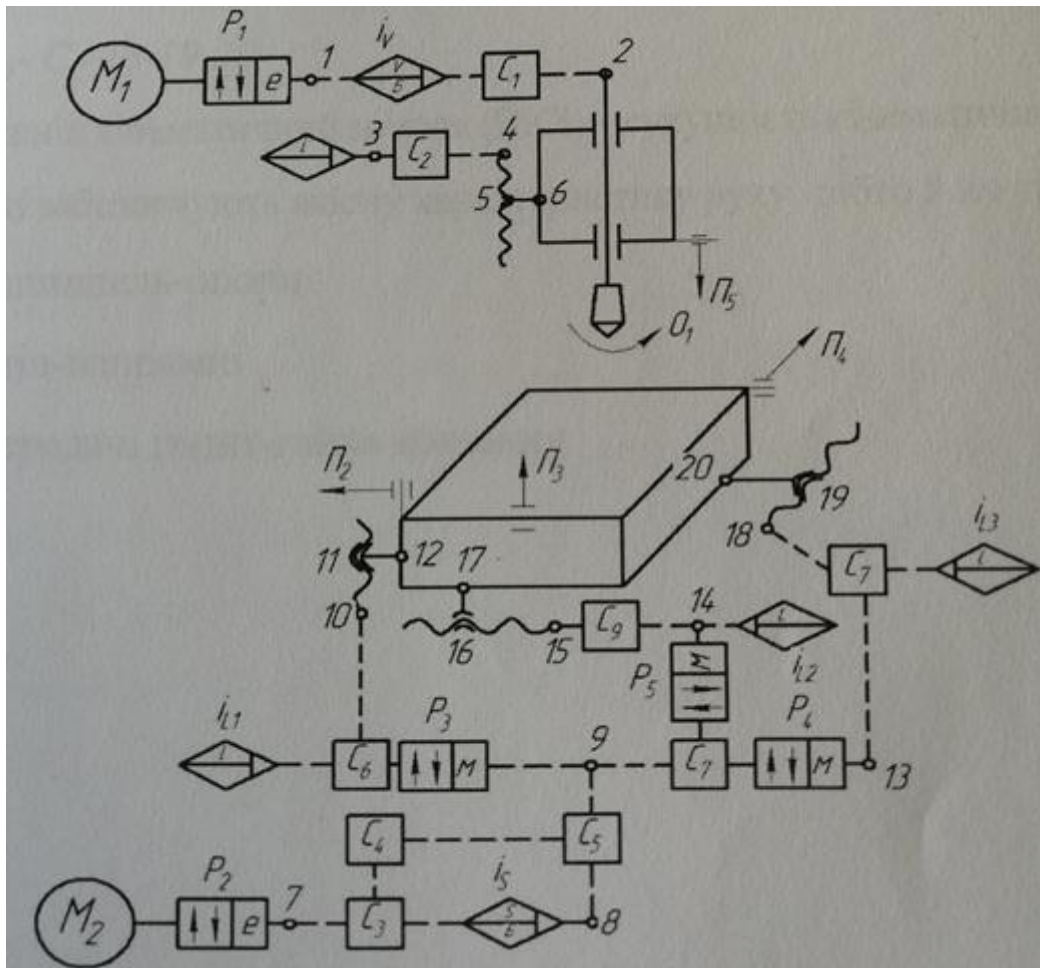


Рисунок 2.5 – Структурно-кінематична схема

Зображена схема показує зовнішні і внутрішні кінематичні зв'язки.

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Відомо, що зовнішній кінематичний зв'язок (ЗКЗ) представляє собою сукупність кінематичних ланок, а також відповідних з'єднань цих ланок, які забезпечують власне кількісну характеристику руху, [Пуш]. Під цією характеристикою мають на увазі вихідну точку, напрям, шлях, і перш за все швидкість руху. Вказаний зовнішній кінематичний зв'язок реалізує передачу енергії від джерела руху до ланок групи внутрішнього кінематичного зв'язку. Відповідно він представляє собою певний кінематичний ланцюг.

Представимо наявні і показані на структурно-кінематичній схемі ЗКЗ:

$$M_1-P_1-I-i_V-C_1-2;$$

$$M_2-P_2-7-C_3-i_5-8-C_5-9-P_3-C_6-10-11-12;$$

$$M_2-P_2-7-C_3-i_5-8-C_5-9-C_7-P_3-14-C_9-15-16-17;$$

$$M_2-P_2-7-C_3-i_5-8-C_5-9-C_7-P_4-13-C_8-18-19-20;$$

$$i_{L1}-C_6-10-11-12;$$

$$i_{L2}-14-C_9-15-16-17;$$

$$i_{L3}-C_8-18-19-20.$$

Відомо також, що внутрішній кінематичний зв'язок утворюється сукупністю кінематичних ланок, а також їх з'єднань, що відтворюють якісну характеристику руху, а саме – траєкторію.

Тому наявні на структурно-кінематичній схемі внутрішні кінематичні зв'язки виглядають так:

шпindel-опори; стіл- напрямні; гвинт-гайка.

#### 2.4. Визначення граничних частот

При такому розрахунку опираємось на те, що оброблення в основному здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті як торцевими, так і кінцевими фрезами. Вище у характеристиці верстату-аналогу було вказано, що максимальний діаметр торцевої фрези –  $D_{max}=200\text{мм}$ . При цьому

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вважатимемо, що кількість зубів фрези  $z=10$ . В свою чергу приймемо для кінцевої фрези мінімальний діаметр  $D_{min}=30\text{мм}$ , а кількість зубів дорівнює 4. Розрахуємо елементи режимів різання.

Вважатимемо, що при обробленні конструкційних сталей використовують фрези із різальною частиною із сплаву Т15К6, а для оброблення чавунів – із твердого сплаву ВК6, та для оброблення алюмінієвих сплавів – швидкорізальну сталь Р6М5.

Встановимо для чорнового оброблення максимальну глибину різання  $t_{max}=4\text{мм}$ , а для чистової операції -  $t_{min}=0,5\text{мм}$ . Щодо оброблення кінцевою фрезою, то призначаємо максимальну глибину різання – 2мм.

Визначимо граничні значення подач.

Як відомо, [], для фрезерування торцевою та кінцевою фрезами оперують поняттям подачі на зуб.

Скористаємось даними, що для чорнового фрезерування подачі (мм/зуб) при обробленні: конструкційної сталі -  $S_z=0,1$ ; чавуну –  $S_z=0,2$ ; кольорових металів -  $S_z=0,3$ . Щодо чистового фрезерування, то виходячи із забезпечення необхідної шорсткості приймаємо (мм/зуб)  $S_z=0,05$ .

При використанні швидкорізальної сталі: для чорнового фрезерування подачі (мм/зуб) при обробленні: конструкційної сталі -  $S_z=0,2$ ; чавуну –  $S_z=0,4$ ; кольорових металів -  $S_z=0,4$ .

Для кінцевої фрези  $D=30\text{мм}$  рекомендовані подачі (мм/зуб) при обробленні: конструкційної сталі -  $S_z=0,14$ ; чавуну –  $S_z=0,4$ ; кольорових металів -  $S_z=0,3$ .

Вважатимемо, що мінімальна та максимальна ширина різання складають:  $B_{min}=30\text{мм}$ ;  $B_{max}=190\text{мм}$ .

Приступимо до розрахунку швидкості різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} k_v,$$

де  $C_v$  – сталий коефіцієнт (знаходиться із даних довідників);

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$T$  – період стійкості інструменту;

$q, m, x, y, u, p$  – показники степені при відповідних параметрах.

Коефіцієнт  $k_v$  враховує фактичні умови оброблення і залежить від оброблюваного матеріалу (його якості); стану оброблюваної поверхні; якості матеріалу інструменту.

На основі наведеної формули та даних довідників щодо зазначених коефіцієнтів при умові, що  $T=120$ хв, отримуємо масив даних, який зведемо у результуючу таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Масив значень швидкостей різання (м/хв)

Матеріал обробки	Матеріал фрези	$D_{min}=30$ мм		$D_{max}=200$ мм	
		$t_{min}=0,5$ мм	$t_{max}=2$ мм	$t_{min}=0,5$ мм	$t_{max}=4$ мм
Сталь 45	T15K6	279	139	305	138
Сталь 45	P6M5	50	15	39	25
СЧ20	BK8	131	102	130	98
Сч20	P6M5	66	31	67	24
Алюміній	P6M5	28	24	31	19

Таким чином, із даних цієї таблиці визначаємо мінімальну швидкість різання для максимального значення глибини різання, а саме  $V_{min}=19$ м/хв., а також максимальну швидкість різання  $V_{max}=305$ м/хв.

Ці швидкості різання визначають граничні частоти обертання шпинделя. Їх визначимо за формулами:

$$n_{min} = \frac{1000V_{min}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 19}{3,14 \cdot 200} = 30,3 \text{ об / хв,}$$

$$n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 305}{3,14 \cdot 30} = 3240 \text{ об / хв.}$$

Скориставшись рекомендаціями для чисел обертів, визначених щодо однотипних верстатів, можемо остаточно прийняти для мінімальної частоти обертання значення  $n_{\min}=31,5$  об/хв, а для максимальної частоти -  $n_{\max}=3200$  об/хв.

## 2.5. Розрахунок силових факторів і потужності різання

Силовим фактором для визначення інших характеристик процесу фрезерування виступає тангенціальна складова сили різання. Її розрахунок проведемо за відомою залежністю:

$$P_z = \frac{C_p t^x s^y B^u z^p}{D^q n^w} k_{MP},$$

де  $C_p$  – коефіцієнт для формули сили;

$x, y, u, q, w$  – показники ступенів при відповідних параметрах.

Коефіцієнт  $k_{MP}$  корегує фактичні умови оброблення.

Розрахуємо значення тангенціальної складової для випадку оброблення конструкційної сталі.

Відповідними даними для розрахунку є  $C_p=825$ ;  $t=4$ мм,  $x=1$ ,  $s=0,1$  мм/зуб,  $y=0,75$ ;  $B=190$ мм;  $u=1,1$ ;  $z^p=10$ ;  $D=200$ мм;  $q=1,3$ ;  $n=31,5$ об/хв;  $w=0,2$ .

Таким чином, в результаті обчислення отримуємо, що для випадку оброблення конструкційної сталі тангенціальна сила різання дорівнює  $P_{z\max}=2615$  Н. Це є найбільшим значенням, бо подібні ж обчислення вказаної сили для випадку оброблення чавуну складають  $P_z=628$  Н.

Розраховуємо також потужність різання.

Для визначення потужності (кВт), яка витрачається на забезпечення різання скористаємось формулою:

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_{z\text{max}} V}{1000 \cdot 60},$$

де  $V$  – номінальна швидкість різання.

Для визначення цієї швидкості зауважимо, що максимальне зусилля різання ми розраховували для випадку оброблення сталі 45. Тому і в цьому випадку приймаємо  $V=143$  м/хв.

Тоді маємо

$$N_{\text{різ}} = \frac{2615 \cdot 143}{1000 \cdot 60} = 6,23 \text{кВт}.$$

Отже, шукане значення потужності різання складає 6,23 кВт.

Такий розрахунок дає можливість попередньо вибрати електродвигун.

Для базової моделі верстату-аналога використовували двигун А02-52-4-С2. Зараз такі двигуни замінені серією АІР.

Тому для підвищення максимальної швидкості обертання вибираємо електродвигун АІР 160 М4/2/ 11,0/14,0 кВт/1460/2920об/хв.

Із моделі двигуна зрозуміло, що він є двочастотним. Такі двигуни зазвичай використовуються у приводах головного руху.

Із роз шифровки маркування також бачимо, що двигун асинхронний (А), відповідає вимогам Інтерелектро (І), відповідає потужності за стандартами приєднувальнo-налагоджувальних характеристик (Р). Розмір осі обертання становить 160мм. М – характеристика довжини станини. Кількість полюсів 4/2.

Дані щодо характеристик електродвигуна є орієнтовними для подальшого кінематичного розрахунку.

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



## 2.6. Кінематичний розрахунок приводу головного руху

Для проведення кінематичного розрахунку визначимо діапазон регулювання приводу головного руху. Такий діапазон є оцінкою кінематичних можливостей приводу. Він визначається за формулою співвідношення частот обертання шпинделя:

$$D_{pez} = \frac{n_m}{n_{min}},$$

де  $n_m$  – Максимальна частота обертання шпинделя для меншої частоти обертання двигуна;

$n_{min}$  – мінімальна частота обертання шпинделя.

Величину  $n_m$  оцінюють як  $\frac{1}{2}$  величини  $n_{max}$ .

Тоді

$$n_m = 3200/2 = 1600 \text{ об/хв.}$$

Таким чином, значення діапазону регулювання дорівнює:

$$D_{pez} = 1600/31,5 = 50,8.$$

Для подальшого розрахунку прийmemo значення коефіцієнту ряду частот  $\varphi = 1,26$ .

Тоді кількість ступенів приводу

$$z_{np} = \frac{\lg(D_{pez})}{\lg(\varphi)} + 1 = 18,1.$$

Можемо прийняти  $z = 18$ .

Знайдене значення розкладемо на множники:

$$18 = 3 \cdot 3 \cdot 2.$$

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, можемо перейти до структурної формули приводу:

$$z = 3_{(1)} \cdot 3_{(3)} \cdot 2_{(9)}.$$

Таким чином, кількість варіантів кінематичної структури дорівнює 18.

Це дає можливість побудувати структурну сітку з врахуванням першої передачі (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - Структурна сітка коробки швидкостей

Окрім зазначених 18 швидкостей вибраний нами електродвигун дозволяє забезпечити додаткові швидкості.

Побудуємо відповідний графік чисел обертів обертання. Такий графік показує конкретні передаточні відношення передач і дає змогу визначити числа обертів всіх валів (рис. 2.7).

Підставою для побудови графіку чисел обертів є структурна сітка приводу.

На крайній правій ординаті графіку відображаються числа обертів шпиндельного вузла.

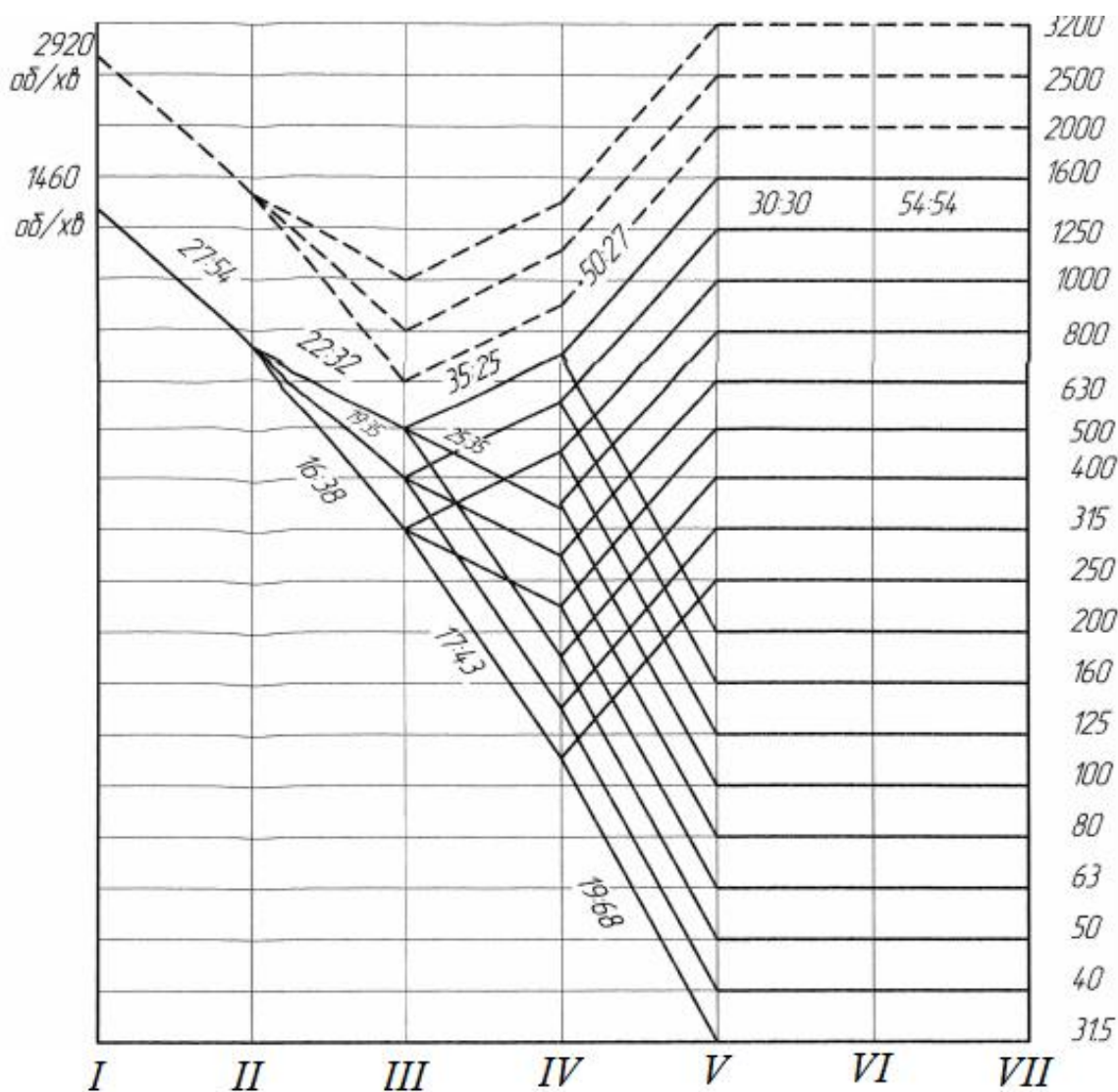


Рисунок 2.7 - Графік чисел обертів приводу з урахуванням 2-х частот двигуна

## 2.7. Побудова кінематичної схеми приводу головного руху

Для побудови кінематичної схеми приводу використовуємо графік чисел обертів (рис. 2.7). Кожен промінь графіку дозволяє розрахувати передаточне відношення конкретної передачі.

Для понижаючих передач – це відношення  $u=1/\varphi^x$ , а для підвищуючих передач:  $u=\varphi^x$ . В цих випадках величина  $x$  виражає кількість клітинок структурного поля, на які опустився або піднявся відповідний промінь.

Тому використаємо визначення передаточних відношень для всіх передач:

а) зубчастої

$$u_0 = \frac{730}{1460} = \frac{1}{2}.$$

б) з валу II на вал III

$$u_1^I = \frac{1}{\varphi^{1,5}} = \frac{1}{1,41};$$

$$u_1^{II} = \frac{1}{\varphi^{2,5}} = \frac{1}{1,78};$$

$$u_1^{III} = \frac{1}{\varphi^{3,5}} = \frac{1}{2,34}.$$

в) з валу III на вал IV

$$u_2^I = \varphi^{1,5} = 1,41;$$

$$u_2^{II} = \frac{1}{\varphi^{1,5}} = \frac{1}{1,41};$$

$$u_2^{III} = \frac{1}{\varphi^{4,5}} = \frac{1}{2,83}.$$

г) з валу IV на вал V

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		66

$$u_3^I = \varphi^{3,5} = 2,24;$$

$$u_3^{II} = \frac{1}{\varphi^{5,5}} = \frac{1}{3,56}.$$

д) шпindelної групи  $u_4 = 1, u_5 = 1$ .

Переходимо до визначення кількості зубів передач. Для кожної групи передач для всіх зубчастих коліс приймаємо модуль зубів однаковим, а осьову відстань – незмінною. Враховуючи конструктивні особливості встановлюємо кількість зубів шестерні валу I (валу електродвигуна) мінімальною і рівною  $z_1=27$ .

Тоді

$$z_2 = \frac{z_1}{u_0} = \frac{27}{1/2} = 54.$$

Розрахуємо числа зубів для передач першої групи.

Для цієї групи можна записати

$$z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = z_7 + z_8 = \sum z_i.$$

$$u_1^I = \frac{z_3}{z_4};$$

$$u_1^{II} = \frac{z_5}{z_6};$$

$$u_1^{III} = \frac{z_7}{z_8}.$$

За мінімальну кількість зубів шестерні приймаємо 16. Тоді  $z_7=16$ . Тоді

$$z_8 = \frac{z_7}{u_1^{III}} = 16 \cdot 2,34 = 37,5.$$

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно приймаємо  $z_8=38$ . Отже,

$$\sum z_i = 16 + 38 = 54.$$

Після цього знаходимо інші числа зубів передач даної групи.

Подібним чином проводимо розрахунки і для інших груп. Кінцеві отримані дані заносимо в табл. 2.3.

Табл. 2.3 – Інформація щодо розрахунку кількості зубів передач

u	$u_0$	$u_1^I$	$u_1^{II}$	$u_1^{III}$	$u_2^I$	$u_2^{II}$	$u_2^{III}$	$u_3^I$	$u_3^{II}$	$u_4$	$u_5$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{27}{54}$	$\frac{22}{32}$	$\frac{19}{35}$	$\frac{16}{38}$	$\frac{35}{25}$	$\frac{25}{35}$	$\frac{17}{43}$	$\frac{60}{27}$	$\frac{19}{68}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{54}{54}$
$\sum z_i$	81	54			60			87		60	87

Визначені числа зубів використовуємо для побудови кінематичної схеми (рис. 2.8).

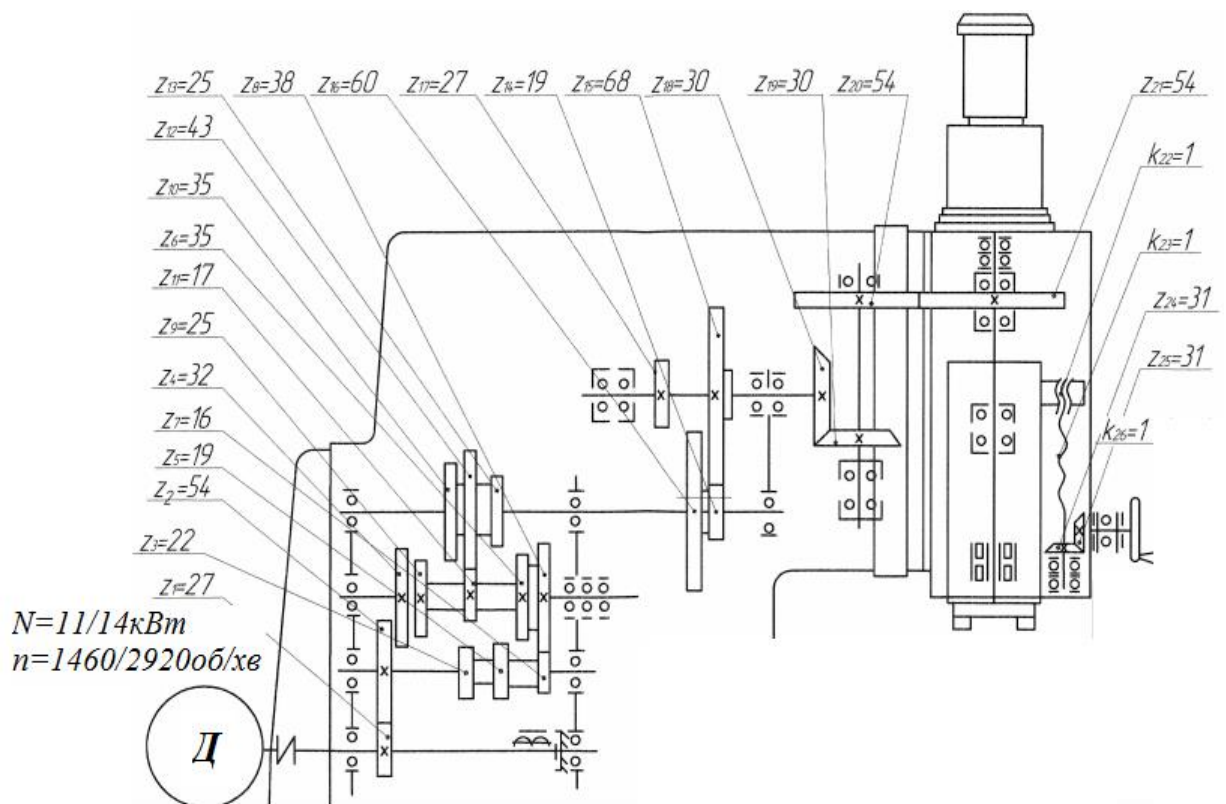


Рисунок 2.8 – Фрагмент кінематичної схеми верстату

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.8. Розрахунок зубчастих передач

Для розроблення конструкції коробки швидкостей слід провести силовий розрахунок елементів цієї коробки. При цьому розрахунку підлягають діаметри валів, їх міжосьові відстані та модулі зубчастих коліс.

Силовим фактором, який слід враховувати є крутні моменти на валах. Це дозволить визначити міжосьові відстані з врахуванням передачі, що передає крутний момент максимального значення.

Для розрахунку крутних моментів  $T_o$  скористаємось відомою залежністю [ ]:

$$T_o = 9550 \frac{N_{ДВ} \eta}{n_{рх}},$$

де  $N_{ДВ}$  – номінальна потужність двигуна;  $N_{ДВ} = 11$  кВт;

$\eta$  – к.к.д. кінематичного ланцюга;

$n_{рх}$  – частота обертання вала (розрахункова) (об/хв).

При розрахунку цю частоту вибирають згідно гілки, що відповідає  $1/3$  або  $1/4$  від  $n_{\min}$ .

Спочатку визначаємо коефіцієнти корисної дії гілок приводу. Валом I є вал двигуна, а кінцевим валом – шпindel. З врахуванням частот обертання валів визначаємо крутні моменти.

Отримані результати зведемо у таблицю 2.4.

Табл. 2.4. – Результати розрахунку крутних моментів

Вал	I	II	III	IV	V	VI	шпindel
$\eta$	0,99	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,77
$n_{рх}$ , об/хв	1460	730	315	225	63	63	63
$T_o$ , Нм	71	136	305	409	1400	1345	1310

Визначимо міжосьову відстань, зваживши на критерій контактної міцності зубів коліс. Врахуємо, що максимальний крутний момент у  $T_o=T=1400\text{Нм}$  забезпечується при передачі 19/68 між валами **IV** та **V**.

У якості матеріалу зубчастих коліс призначаємо сталь ;)X. Для цієї марки сталі границя міцності (МПа)  $\sigma_B=930$ , границя текучості (МПа)  $\sigma_T=690$  і твердість – 270НВ.

Для визначення міжосьової відстані користуємось залежністю:

$$a_w = K_\alpha (u + 1) \sqrt[3]{\frac{TK_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 u^2 \psi_{ba}}},$$

де передаточне відношення  $u=3,56$ ,

а відповідні коефіцієнти:

$K_\alpha=430$ ;  $K_{H\beta}=1,1$  – враховує вид навантаження;  $\psi_{ba}=0,25$  – враховує ширину вінця.

Допустиме контактне напруження визначимо за формулою:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{\text{lim}} K_{HL}}{[S_H]},$$

де  $K_{HL}=1,1$  – коефіцієнт врахування довговічності; а  $[S_H]$  – безпеки.

Знаходимо границю контактної міцності (МПа)

$$\sigma_{\text{lim}} = 2HB + 70 = 650,$$

Тоді допустиме контактне напруження –  $[\sigma_H]= 590(\text{МПа})$ .

Таким чином, обчислюємо міжосьову відстань (мм):

$$a_w = 430(3,56 + 1) \sqrt[3]{\frac{1400 \cdot 1,1}{(590)^2 3,56^2 0,4}} = 180.$$

Звідси можна вирахувати значення модулю зубчастих коліс (мм):

$$m = \frac{2a_w}{\sum z} = \frac{2 \cdot 180}{87} = 4,1,$$

Отже, встановлюємо значення модулю для всіх коліс коробки  $m=4\text{мм}$ .

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		



Це дає змогу розрахувати міжосьові відстані між валами. Результати зведемо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. – Міжосьові відстані коробки

Позначення	(a <sub>w</sub> ) <sub>I-II</sub>	(a <sub>w</sub> ) <sub>II-III</sub>	(a <sub>w</sub> ) <sub>III-IV</sub>	(a <sub>w</sub> ) <sub>V-VI</sub>	(a <sub>w</sub> ) <sub>VI-шп</sub>
Величина, мм	162	104	120	120	216

## 2.9. Розрахунок валів

Попередній розрахунок валів проводимо із розрахунку на кручення. При цьому користуємось зниженими значеннями допустимих напружень при крученні, а саме  $[\tau_k] = 25$  (МПа).

Для розрахунків скористаємось відомою залежністю

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau_k]}}$$

Розраховані і прийняті значення діаметрів валів зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6. Значення діаметрів валів коробки

Позначення	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>шп</sub>
Розрахований діаметр, мм	0,024	0,030	0,039	0,043	0,064	0,064
Діаметр шийки, мм	25	30	40	45	65	65

Для валу V здійснимо повний розрахунок.

При цьому обертовий момент є найбільшим і дорівнює 1310 Нм.

Щоб сконструювати схему передачі визначимо конструктивні розміри зубчастого колеса  $z=68$ . Ділильний діаметр колеса – 272мм. Проведемо розрахунки і конічного зубчастого колеса  $z=30$  (рис. 2.9).

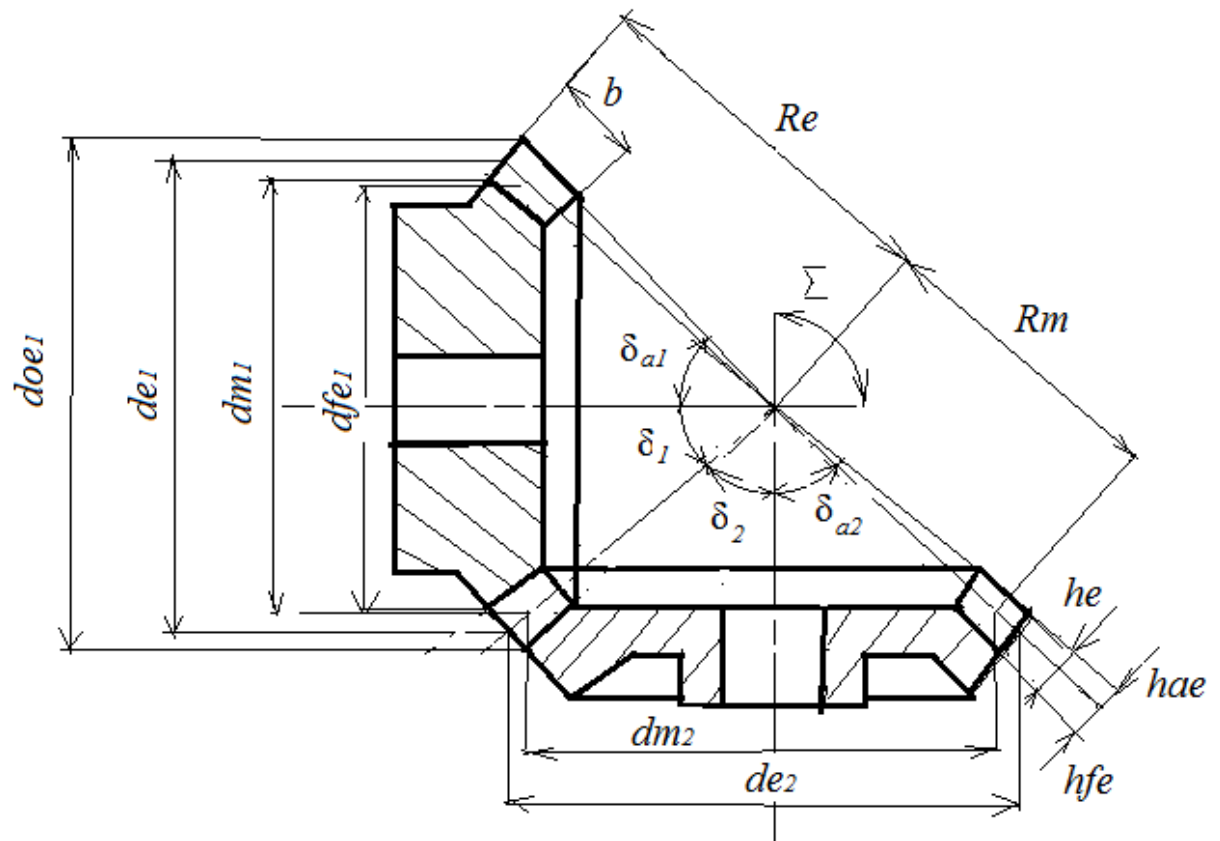


Рисунок 2.9. Конструктивна схема конічної передачі

Відповідно до діючого стандарту та запроваджених позначень визначимо за відомими формулами конструктивні параметри передачі:

Зокрема, розміри зубців:

$$h_{ae} = m_e = 4 \text{ мм}$$

зовнішній висота ніжки зуба і висота зубця

$$h_{fe} = 1,2m_e = 4,8 \text{ мм}; \quad h_e = 2,2m_e = 8,8 \text{ мм}.$$

Визначаємо розміри вінця:

зовнішній ділительний діаметр і діаметр вершин:

$$d_e = m_e z = 4 \cdot 30 = 120 \text{ мм}; \quad d_{ae} = d_e + 2m_e \cos \delta_1 = 120 + 2 \cdot 4 \cdot \cos 45 = 125,66 \text{ мм}.$$

внутрішній діаметр вершин відповідно

$$d_{fe} = d_e - 2m_e \cos \delta_1 = 120 - 2 \cdot 4 \cdot \cos 45 = 113,21 \text{ мм}.$$

Визначаємо коефіцієнт ширини вінця  $K_{be} = 0,3$  і його ширину  $b = 0,3R_e = 20 \text{ мм}$ .

Визначаємо середні значення:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		72

конусної відстані  $R_m=R_e-0,5b=50\text{мм}$ ;

колового модуля:  $m_m=m_eR_m/R_e=3,33\text{мм}$ ;

ділильного діаметру:  $d_m=m_mz=100\text{мм}$ .

Тоді конструктивну схему вала зобразимо як показано на рис. 2.10.

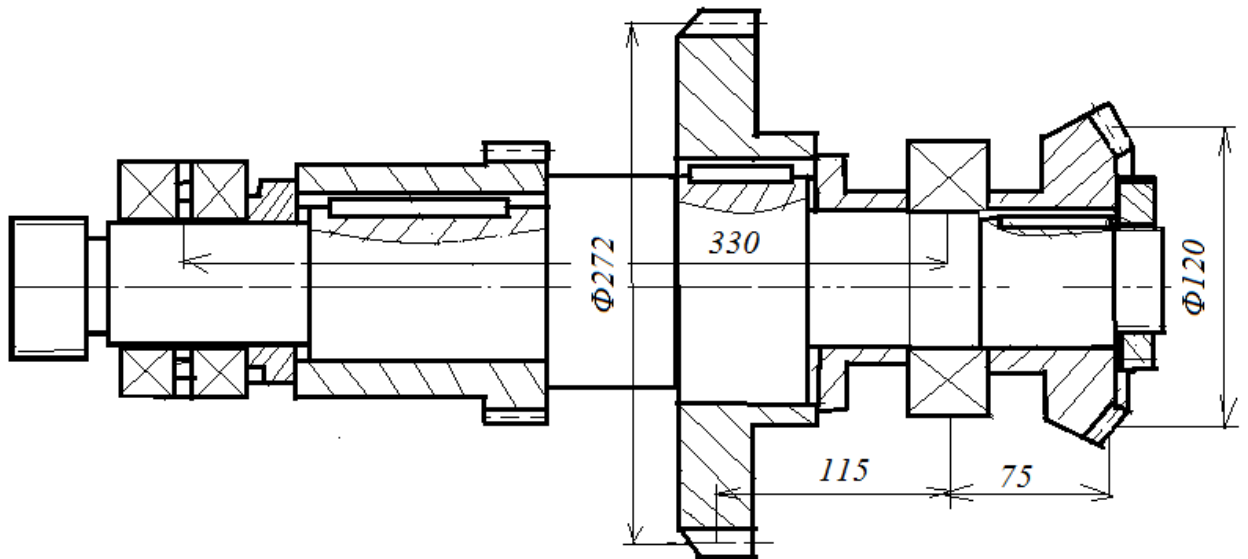


Рисунок 2.10. Ескіз вала

### Розрахунок вала на згинальні і крутні моменти

Визначимо зусилля, які діють на вал.

Ці розрахунки проводимо окремо для зачеплення циліндричного колеса і конічної шестерні.

Отже, для циліндричного колеса маємо:

$$F_{t1} = \frac{2T_o}{d_1} 10^3 = \frac{2 \cdot 1400}{272} 10^3 = 10300 \text{ Н},$$

$$F_{r1} = F_{t1} \text{tg} 20^\circ = 10300 \cdot 0,364 = 3750 \text{ Н}.$$

Щоб обчислити дані для зубчастої шестерні скористаємось рис. 2.11.

Тоді для цього зачеплення:

					Арк.
					73
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	

$$F_{t2} = \frac{2T_o}{d_m} 10^3 = \frac{2 \cdot 1400}{100} 10^3 = 28040 H,$$

$$F_{r2} = F_{t2} \operatorname{tg} 20^\circ \cos \delta = 7215 H,$$

$$F_{a2} = F_{t2} \operatorname{tg} 20^\circ \sin \delta = 7215 H,$$

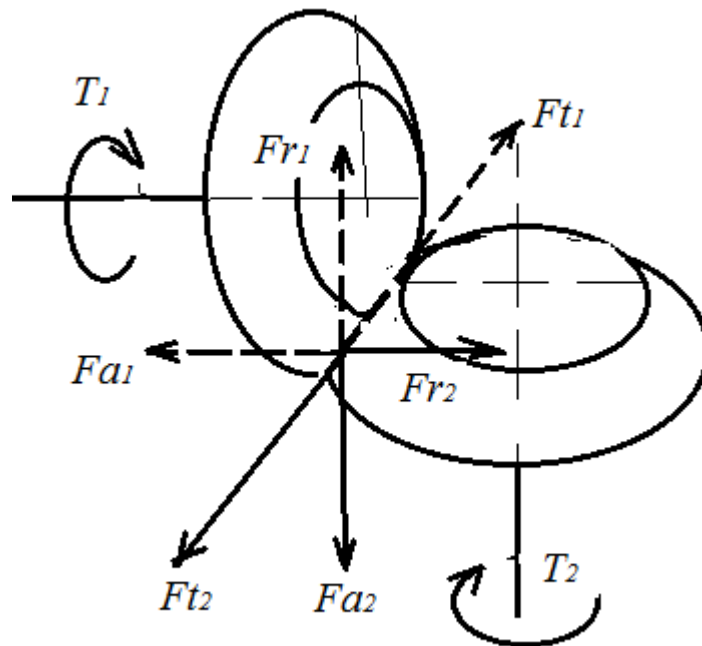


Рисунок 2.11 – Зачеплення в конічній передачі

Це дозволяє побудувати розрахункові схеми як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах. Скористаємось при цьому дією крутного моменту  $M_2$  від зусилля  $F_{a2}$  (Рис. 2.12).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		74

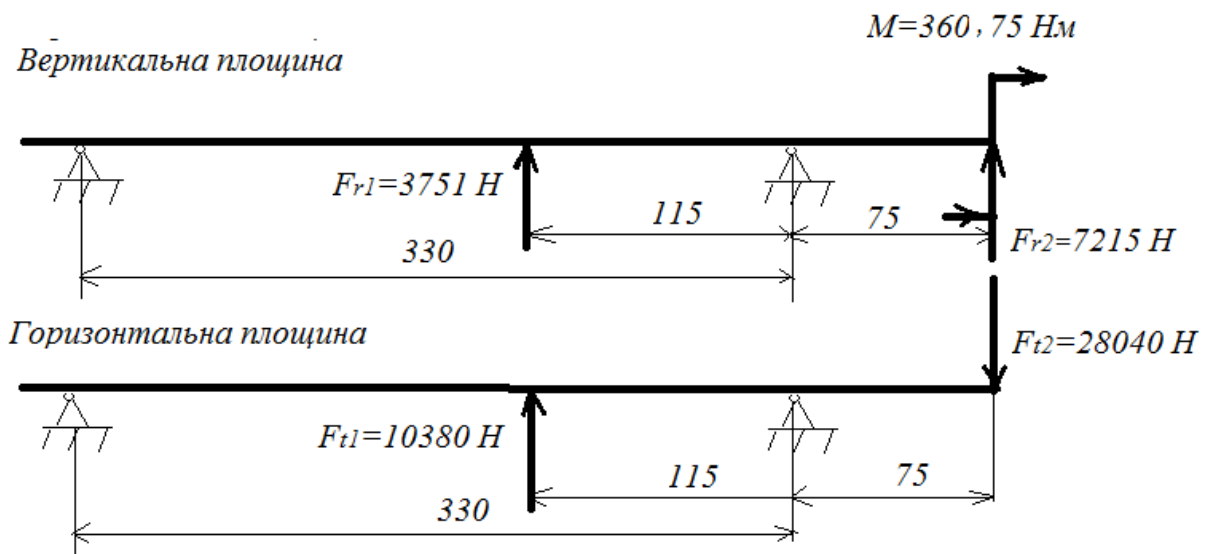


Рисунок 2.12 – Схеми навантаження вала у двох площинах

Для побудови епюр згинних моментів і крутного моменту визначимо реакції в опорах.

Спочатку зробимо це для вертикальної площини.

$$\sum \text{Mom}(A) = M - F_{r2} \cdot 75 + F_{r1} \cdot 115 - R_B \cdot 330 = 0,$$

$$R_B = (M - 75F_{r2} + 115F_{r1}) / 330 = 760 \text{ H}.$$

Відповідно

$$\sum F = F_{r2} + F_{r1} - R_B - R_A = 0,$$

$$R_A = F_{r1} + F_{r2} - R_B = 10,20 \text{ кН}.$$

Аналогічно для горизонтальної площини:

$$\sum \text{Mom}(A) = F_{t2} \cdot 75 + F_{t1} \cdot 115 - R_B \cdot 330 = 0,$$

$$R_B = (75F_{t2} + 115F_{t1}) / 330 = 9960 \text{ H}.$$

Відповідно

$$\sum F = F_{t2} - F_{t1} + R_B - R_A = 0,$$

$$R_A = -F_{t1} + F_{t2} + R_B = 27,70 \text{ кН}.$$

Тоді можемо обчислити необхідні значення величин для побудови епюр.

Зокрема, для вертикальної площини:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$M_D = 360,75 \text{ Нм};$$

$$M_A = M - F_{r2} \cdot 0,075 = 360,75 - 7215 \cdot 0,075 = -180,4 \text{ Нм};$$

$$M_C = M - F_{r2}(0,075 + 0,115) + R_A \cdot 0,115 = \\ = 360,75 - 7215 \cdot 0,190 + 10,20 \cdot 0,115 = 163,5 \text{ Нм}.$$

$$M_B = 0.$$

Так само для горизонтальної площини:

$$M_D = 0 \text{ Нм};$$

$$M_A = F_{t2} \cdot 0,075 = 28040 \cdot 0,075 = 2103 \text{ Нм};$$

$$M_C = F_{t2}(0,075 + 0,115) - R_A \cdot 0,115 = \\ = 28040 \cdot 0,190 + 27,70 \cdot 0,115 = 2142 \text{ Нм}.$$

$$M_B = 0.$$

Епюри показані на рис. 2.13.

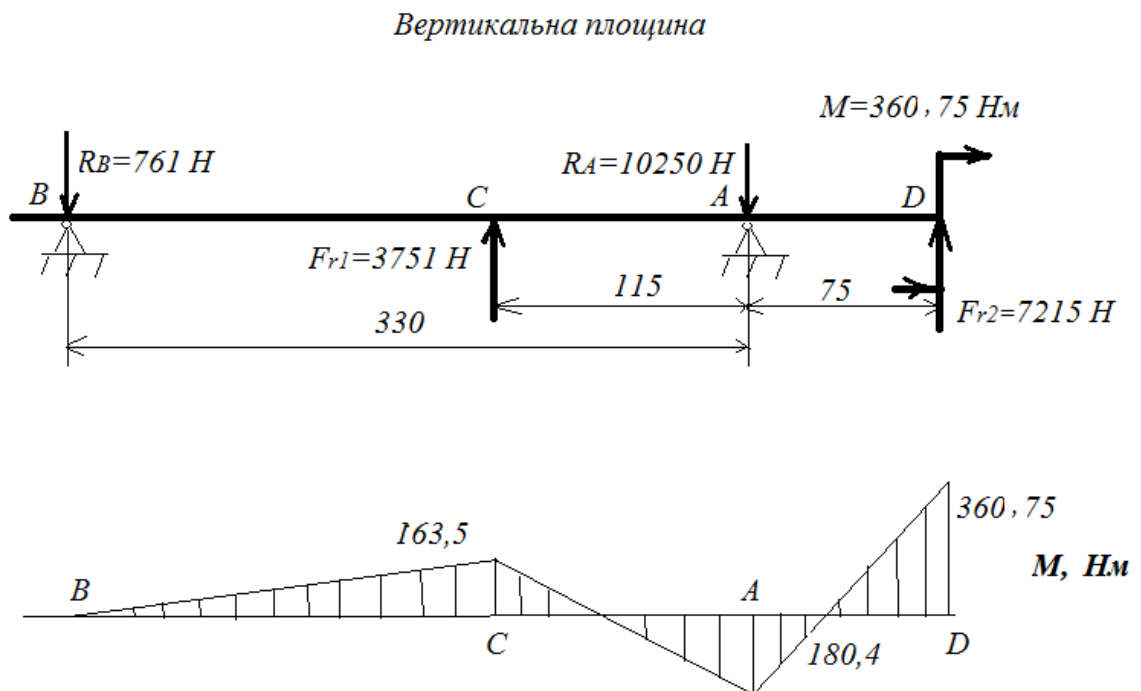
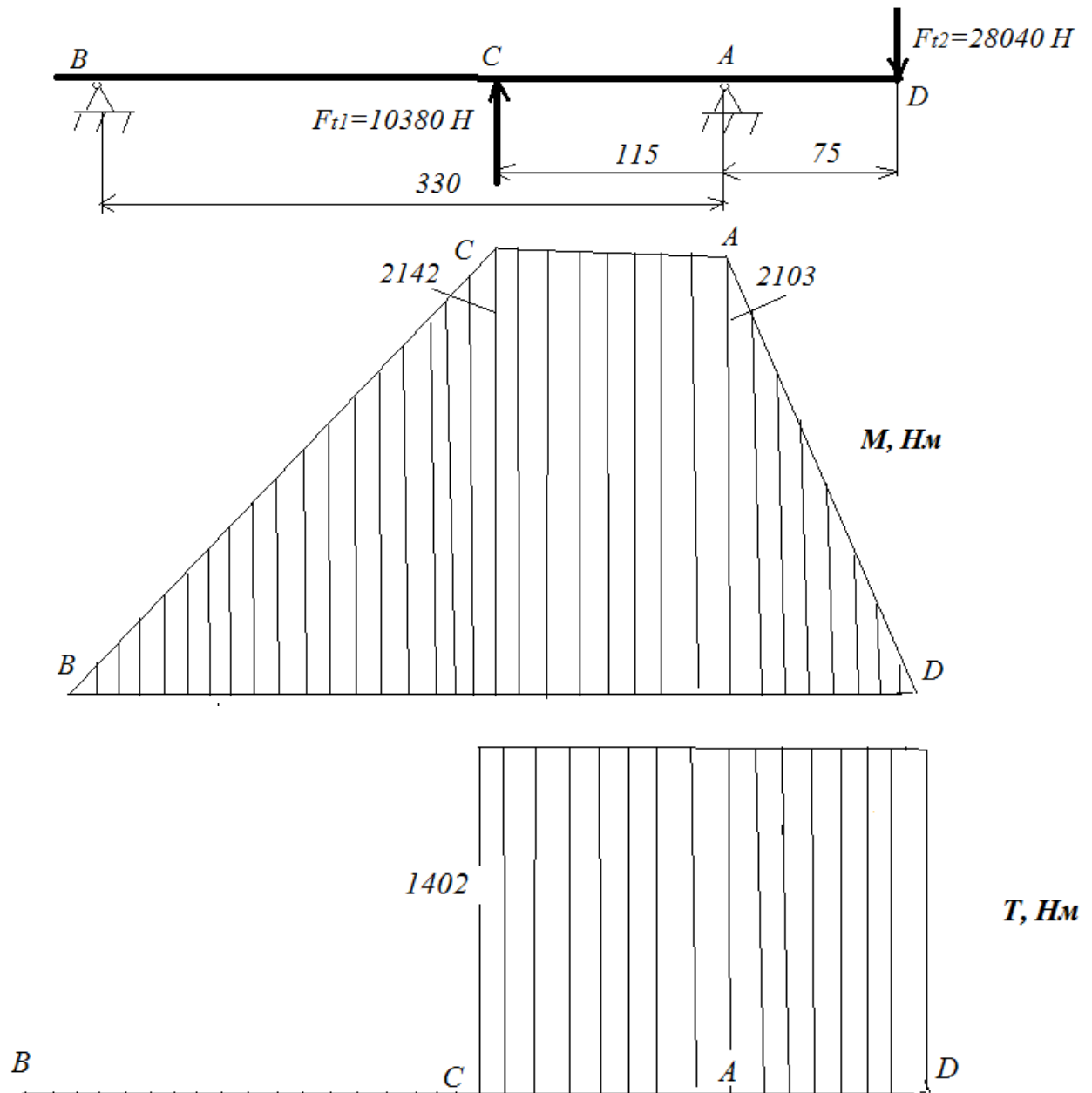


Рисунок 2.13 – Епюри моментів згину і кручення

					Арк.
					76
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	

Горизонтальна площина



Продовження рис. 2.13

Отже, можемо розрахувати сумарні моменти згину в точках А і С:

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\Sigma A} = \sqrt{M_{Bm}^2 + M_{Гз}^2} = \sqrt{2,103^2 + 0,180^2} = 2,111 \text{кНм};$$

$$M_{\Sigma C} = \sqrt{M_{Bm}^2 + M_{Гз}^2} = \sqrt{2,142^2 + 0,164^2} = 2,148 \text{кНм}.$$

Тоді визначаємо діаметр валу за максимальним значенням моменту:

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

$$M_{np} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + 0,39T_{кр}^2} = \sqrt{2,148^2 + 0,39 \cdot 1,402^2} = 2,32 \text{кНм};$$

$$d = 10 \sqrt{\frac{2320}{0,1 \cdot 0,35 \cdot 10^6}} = 0,081 \text{м}.$$

Приймаємо значення діаметру валу (під зубчастим колесом) 85мм.

Конструктивно вибираємо підшипники для всіх валів, а саме – кулькові радіальні (ГОСТ 8338-75).

## 2.10 Конструкція коробки швидкостей

Коробка швидкостей вмонтована у станину – її верхню частину. Для зміни кількості обертів встановлений механізм переключення швидкостей. З'єднання із валом електродвигуна відбувається з допомогою зубчастої пари. Власне коробка швидкостей з двигуном з'єднана через пружну муфту. Для забезпечення необхідної швидкості на проміжних валах розміщені 2 потрійні та 1 подвійний блоки зубчастих коліс. Конічна шестерня на вихідному валу приведена у зачеплення із шестерною поворотної головки.

Поворотна головка монтується у горловині станини і кріпиться 4-ма болтами. Шпindelь цієї головки є валом із 2 опорами. Він змонтований у висувній гільзі.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2.11 Шпиндельний вузол

Розглянемо конструкцію шпиндельного вузла. Оберти до нього передається через коробку швидкостей і через пари конічних і циліндричних шестерень, які розміщені у поворотній головці.

Взято до уваги, що основними критеріями працездатності, які необхідно забезпечити для шпиндельного вузла є такі:

1) жорсткість; 2) стабільність положення осі шпинделя; 3) вібростійкість; 4) теплостійкість; 5) довговічність.

Щодо підвищеної жорсткості шпиндельного вузла (як радіальної, так і осьової), то вона сприяє уникненню недопустимих деформацій вузла при обробленні. Нормативами верстатобудування встановлено, що величина жорсткості на між опорній ділянці повинна досягати 250...500 Н/мкм.

Стабільне положення геометричної осі шпинделя при його обертанні забезпечує точність обертання, що покращується за рахунок високої динамічної якості шпиндельного вузла. При цьому бажаними є менші значення амплітуд коливань переднього кінця шпинделя. Щодо частоти власних коливань, то вона не повинна бути більшою від 500...600 Гц.

Необхідними є також мінімальні величини тепловиділення при функціонуванні шпиндельного вузла і відповідно його мінімальні температурні деформації.

Довговічність шпиндельного вузла в основному залежить від довговічності його опор. Тому необхідною є ефективна система змащування та ущільнень для різних частот обертання шпинделя. Також бажаним є попередній натяг, який слід здійснювати у підшипниках опор.

Шпиндельні вузли відрізняються за конструкцією, що диктується призначенням верстату, а також вимогами до точності шпинделя, особливостей його роботи, конструктивними характеристиками опор. Важливими є спосіб зміни заготовки (інструменту), а також конструкція привідних елементів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		79

В розглядуваному випадку компоувальну схему шпиндельного вузла обираємо відповідно до характеристики його швидкохідності. Відповідно до цих умов, а також вимог до жорсткості вибираємо схему на 2-х опорах (рис. 2.14).

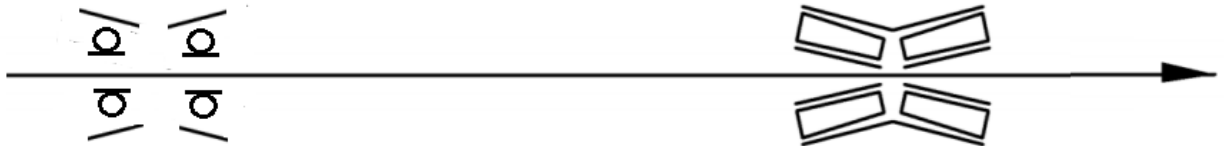


Рисунок 2.14 – Компоувальна схема шпиндельного вузла

Схема представляє використання у якості передньої опори роликового підшипника серії NN30K. При цьому такий підшипник має 2 ряди роликів.

Щодо задньої опори, то, враховуючи умову розвантаження шпиндельного вузла, призначаємо для неї пару радіально-упорних підшипників. Шпиндель від осьових зсувів в обох випадках фіксується власне у передній опорі. Для врахування теплових деформацій передбачене вільне переміщення шарикопідшипників у корпусі.

Необхідним є забезпечення необхідного натягу підшипників. Зокрема, для випадків великих осьових навантажень кут контакту підшипників складає  $\alpha=25^\circ$ , а при значних частотах обертання -  $\alpha=15^\circ$ .

Конструкція шпиндельного вузла представлена у графічній частині.

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

## Висновок до розділу 2

1. Для виконання верстатного забезпечення технології вибрана модель верстату-аналога за основними характеристиками.
2. Визначений діапазон регулювання швидкості приводу головного руху розроблюваного фрезерного верстату.
3. Побудована структурна сітка, на основі якої запропонований графік кількості обертів та запропонована кінематична схема верстату.
4. Пораховані кількості зубів передач коробки швидкостей і для розглядуваного приводу фрезерного верстату проведений силовий розрахунок валів і сконструйований шпиндельний вузол верстату.

						Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Інструментальне забезпечення і пристосування

#### 3.1. Опис металорізальних та інших інструментів для технологічних операцій

За результатами аналізу попередніх пунктів і базуючись на визначеному типі виробництва, а також призначених методах оброблення, використовуваних верстатах, у відповідності до розмірів оброблюваної заготовки, здійснюємо вибір різальних, допоміжних та вимірювальних інструментів. При цьому відповідно до розробленого фрезерного верстату зупинимось на вертикально-фрезерній операції 005 та вертикально-свердлильних – 010 і 015.

Отримані результати зводимо у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Вибір різальних, допоміжних та вимірних інструментів

Номер, назва операції та переходу	Інструмент		
	Різальний	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
005 Вертикально-фрезерна			
Перехід 2 Фрезерувати поверхню 1 в розміри 195x165, 116,4 <sup>-0,87</sup>	Фреза торцева SSD160-12160R, кут в плані 90°, D=160 мм, d=50.8 мм, пластина SDMT1204PDER	Оправка СК-45 для насадних фрез ГОСТ 13785-68	Штангенциркуль (ШЦ)

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луців І.В.</i>				82	314
<i>Реценз.</i>					Інструментальне забезпечення  МВс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>					

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
010 Вертикально-свердлильна			
Перехід 2 Свердлити центрувальні отвори	Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=2 мм	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 3 Свердлити отвори 8,9, в Ø14H14	Свердло спіральне Ø14 L=189 DIN 338 з конічним хвостовиком	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	ШЦ
Перехід 4 Свердлити отвори 10,11 в розмір 13,5	Сверло спіральне Ø13,5 L=189 DIN 338	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	ШЦ
Перехід 5 Зенкерувати отвори 10,11 в розмір Ø13,75 H11	Зенкер Ø13,75 L=189 DIN 345 тип N	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	ШЦ
Перехід 6 Чистове розвертання отворів 10,11 в розмір Ø14H8	Розвертка Ø14 DIN 204 тип N	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	ШЦ
015 Вертикально-свердлильна			
Перехід 2 Центрувати отвір 18	Свердло центрувальне HSS DIN 333A, d=0,8 мм	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 3 Свердлити отвір 18 в розмір Ø 9,8 L=24,5	Сверло спіральне Ø9,8 L=94 DIN 338 тип N	Патрон спеціальний з комплекту	ШЦ



Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Перехід 4 Розвернути отвір 18 в розмір $\varnothing 10H8$	Розвертка циліндрична $\varnothing 10$ DIN 204 тип N	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 5 Цекувати отвір 18 в розмір $\varnothing 17H14$ L=15	Цековка 2350-0648 ГОСТ 26258-87, d=10 мм, D=17 мм, L=71 мм	Втулка перехідна 6100-0145 ГОСТ 13598-85	ШЦ
Перехід 6 Цекувати площину 2 в розмір 114-0,87	Цековка 2350-0719 ГОСТ 26258-87, d=17 мм, D=26 мм, L=180 мм	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 7 Розвернути отвір 18 в розмір $\varnothing 18,63$	Розвертка конічна 2372-0134 D= $\varnothing 18,63$ мм, d=11,314 мм	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 8 Зенкувати фаску в розмір 1,5x45	Конічна зенківка 135 ° DIN347	Патрон спеціальний з комплекту верстату, 2шт	ШЦ
Перехід 9 Нарізати конічну різь К 1/2" в отворі 19	Мітчик конічний 2680-0006 К 1/2" P6M5 ГОСТ 6111	Патрон різьбонарізний 6162-4003-01 KM3 M3-M12	Калібр-пробка різьбова

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

### 3.2. Характерна робота фрез

Покажемо приклади роботи різних фрез на вертикально-фрезерному верстаті.

Так, на рис. 3.1 проілюстрована робота кінцевої фрези та показана її конструкція.

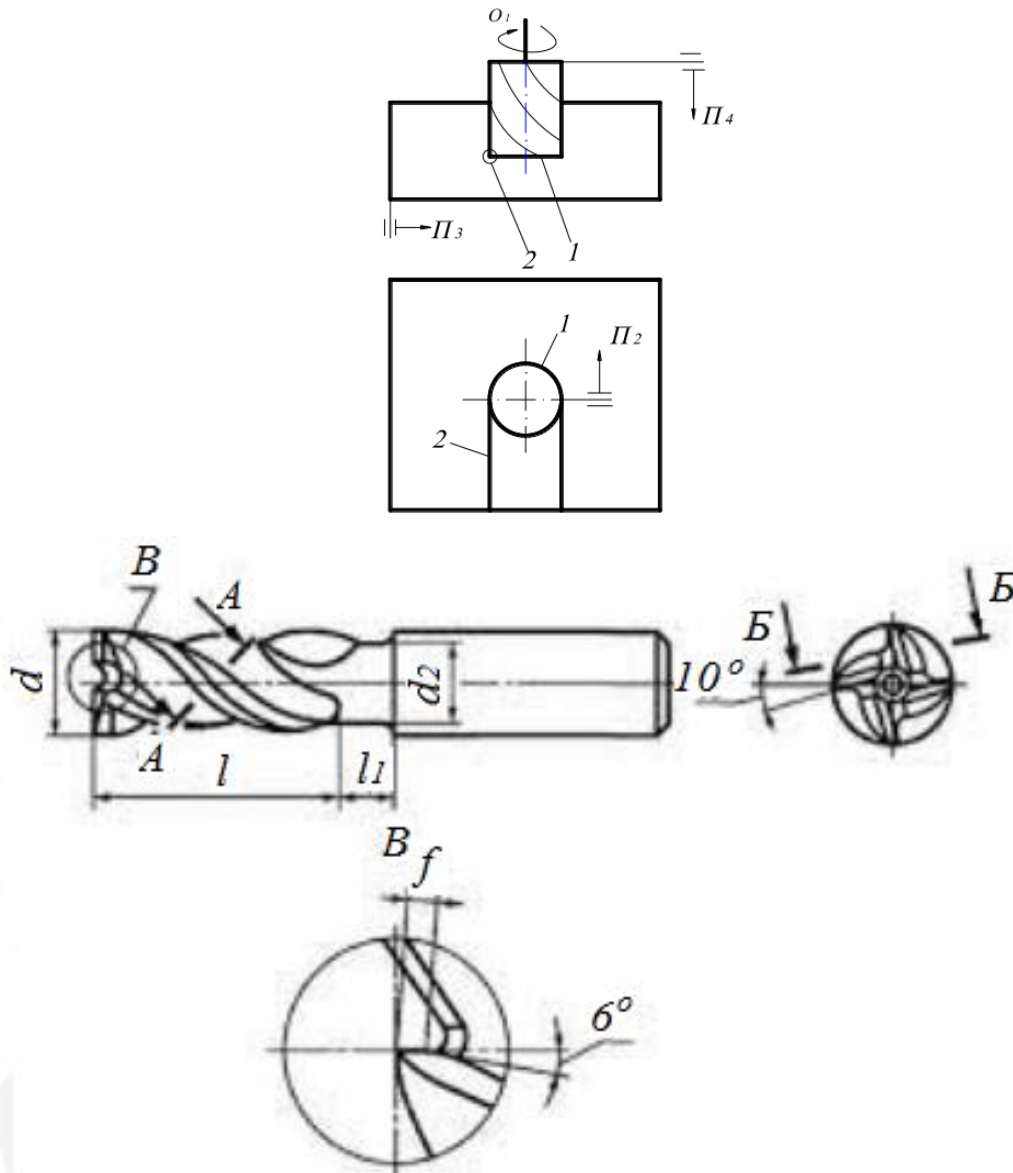


Рис. 3.1. Застосування кінцевої фрези при фрезеруванні пазу

В даному випадку бачимо, що твірна 1 утворюється копіюванням. В той же час напрямну 2 отримують застосувавши метод дотику.

Таку ж картину роботи кінцевої фрези отримують при фрезеруванні уступа (рис. 3.2).

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	85



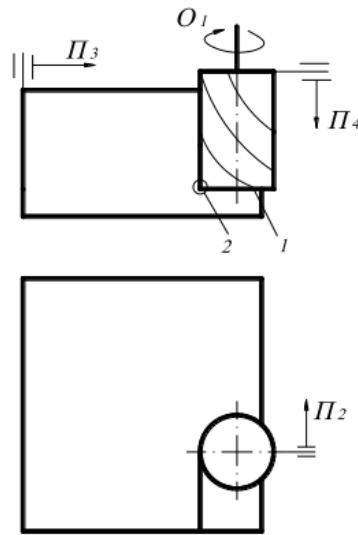


Рис. 3.2. Використання кінцевої фрези при виготовленні уступу  
Реалізація твірної 1 і напрямної 2 – такі ж, як і в попередньому випадку.

Найбільш часто при обробленні на вертикально-фрезерному верстаті застосовують торцеві фрези (рис. 3.3).

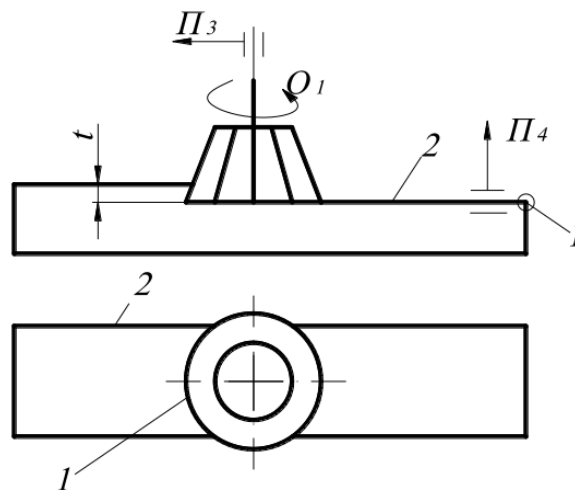


Рис. 3.3. Оброблення площини торцевою фрезою

На рис. 3.3. показані формоутворюючі рухи 1 і 2. Рух сліду – це рух 1  $\Phi_v(O_1)$ . Він – обертовий. Рух 2 - це рух дотику. Він виражається сукупністю рухів  $\Phi_v(O_1); \Phi_s(\Pi_3)$ . Зображено також установчий рух (Уст( $\Pi_4$ )).

Коснструкція торцевої фрези показана на рис. 3.4.

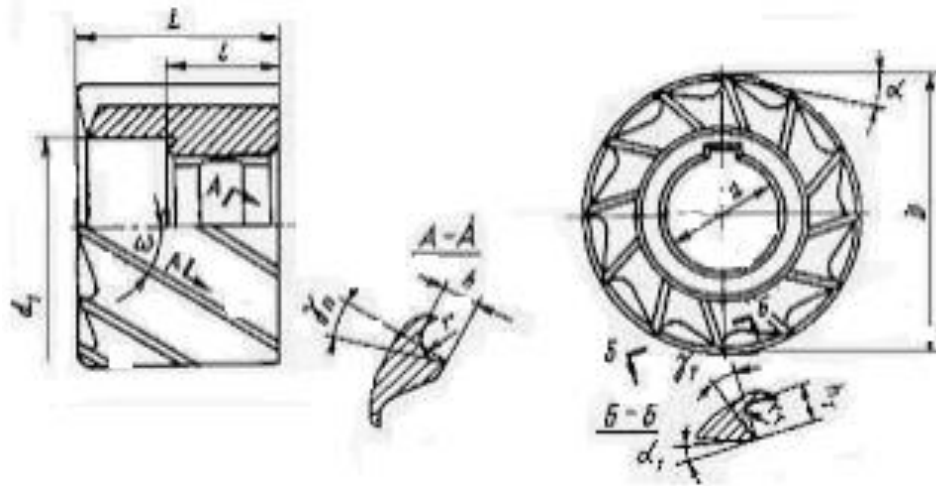


Рисунок 3.4 – Конструкція торцевої фрези

Можна також показати оброблення дисковою фрезою (рис. 3.5).

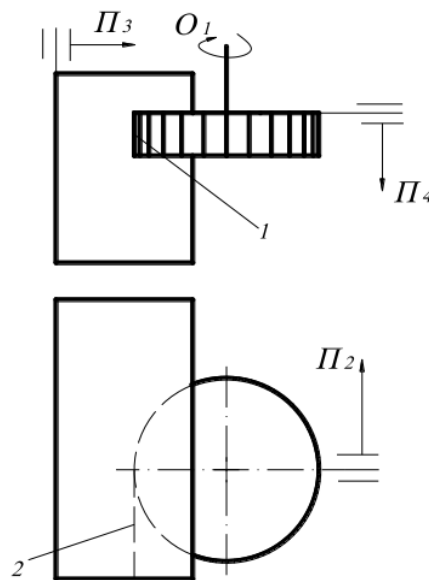


Рис. 3.5. Фрезерування пазу дисковою фрезою

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

Наведені приклади показують можливі варіанти роботи фрез.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		87

### 3.3. Вибір і розрахунок пристосування

#### 3.3.1. Призначення, будова і принцип роботи пристосування

Пристосування розробимо для операції 020.

У розділі 1 проведений аналіз розробленого технологічного процесу для виготовлення деталі «корпус крана». Однією із важливих операцій є технологічна операція 020 – комплексна з ЧПК. Необхідно, щоб відповідне пристосування забезпечувало досягнення високої продуктивності і надійний автоматизований затиск. Таке пристосування наведено на листі кваліфікаційної роботи.

Пристосування складається з наступних елементів:

- корпус на якому встановлені призми і гідроциліндри;
- затискні елементи:, затискні планки на осях гідроциліндрів;
- установочні елементи: чотири пластини, дві з яких мають палець для базування отворів заготовки.

Пристосування можна переналагоджувати.

Пристосування забезпечує належну швидкість і точність встановлення заготовки для проведення операції комплексної обробки деталі .

Заготовка, що підлягає обробленню, встановлюється на опорні призми 10 та на два пальці на двох призмах. Затиск здійснюється двома гідроциліндрами 12, які встановлені на різьбових шпильках 1. Пружини 7 піднімають прихвати по завершенню обробки. Прихвати повертаються навколо осі для полегшення зняття деталі.

Під'єднання гідроциліндрів до гідростанції здійснюється при допомозі штуцерів 3. Базування пристосування на столі верстату здійснюється при допомозі двох призматичних шпонок 11 і закріплюється болтами, які входять в пази в корпусі 1.

						Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.2 Схема базування і його похибка

В якості схеми базування вибираємо наступну. В якості установочної поверхні на які встановлюється деталь приймаємо поверхню 3. Базування здійснюється площиною (установочна база, точки 1,2,3,4), внутрішніми циліндричними поверхнями отворів 5 і 6.

Сема базування вказана на рис. 3.6.

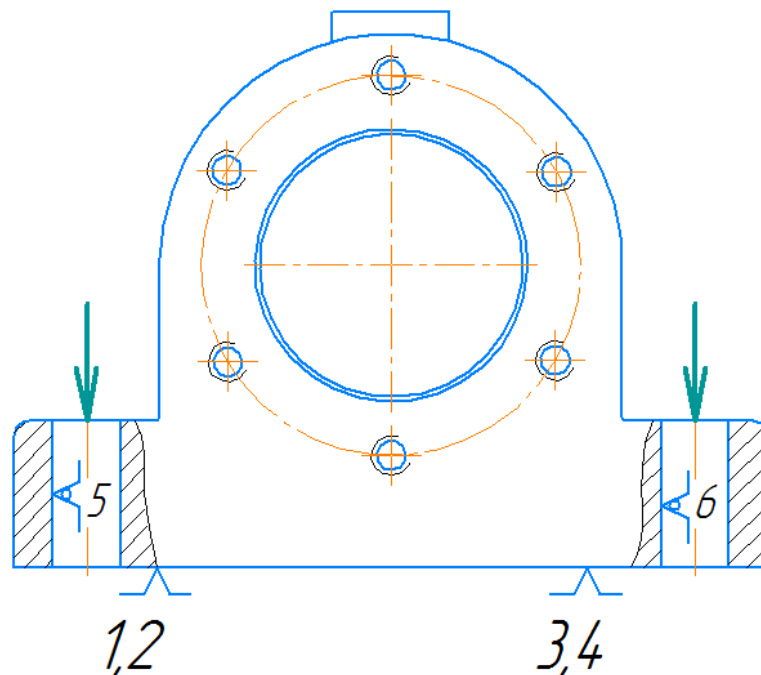


Рисунок 3.6 - Схема базування деталі Корпус.

Розрахунок похибки базування

Заготовка базується в пристосуванні торцем і двома отворами. Для розрахунку вибираємо схему базування.

Похибка базування для забезпечення розміру 196Н14<sub>(-1,15)</sub> визначається

$$\varepsilon_6 = (2S + TD_1 + Td_2) \cdot \left( \frac{2L_1 + L}{L} \right) \quad (3.1)$$

де  $S$  – мінімальний радіальний зазор між пальцями і отворами,

$TD_1$  – допуск на діаметр отвору,

$Td_2$  – допуск на діаметр пальця,

					Арк.
					89
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	

$L_1$  – відстань від центра пальця до оброблюваної поверхні;

$L$  – міжцентрова відстань між циліндричним і зрізаним пальцями

Посадка між отворами і пальцями виконується із зазором  $\varnothing 14 \frac{H7}{h7}$ .

Відповідно допуски отворів  $TD_1 = 0,018$ мм., а пальців  $Td_2 = 0,018$ мм.

Відстань між пальцями  $L = 125$ мм., а відстань до торців  $L_1 = 15$ мм.

тоді  $\varepsilon_6 = (0,028 + 0,018 + 0,018) \cdot \left(\frac{2 \cdot 15 + 125}{125}\right) \approx 0,10$ мм.

Висновок: Точність оброблення забезпечується.

### 3.3.3 Розрахунок сили затиску

Сила різання при фрезеруванні становить:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (3.2)$$

де:

$D$  – діаметр фрези;

$t$  – глибина фрезерування;

$S_z$  – подача на зуб;

$B$  – ширина фрезерування;

$n$  – частота обертання фрези;

$Z$  – число зубів фрези.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,4^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 95^1 \cdot 8}{120^{1,3} \cdot 260^{0,2}} \cdot 0,93 = 1036\text{Н}$$

Розглянемо схему силової взаємодії фрези, заготовки і пристосування при торця заготовки.

Сила подачі  $Ph$  намагається зсунути заготовку з призми у вертикальному напрямку. Такому зсуву протидіють сили тертя  $T$  і  $TI$ . Встановлюємо, що ці сили виникають по призмі. Сила затиску і сила різання  $Pz$  протилежні за напрямком.

									Арк.
									90
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

Тому величина сили затиску визначається за формулою:

$$Q = k \times P_z \quad (3.3)$$

Коефіцієнт запаса, що враховує нестабільність силової дії на заготовку вираховуємо по формулі:

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (3.4)$$

де

$K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1$  – коефіцієнт, що враховує базування заготовки;

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує затуплення інструменту;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

$K_4 = 1$  – коефіцієнт, що враховує постійність сили, що створює затискний механізм.

$K_5 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку затискного пристрою.

$K_6 = 1$  – коефіцієнт, що характеризує установку заготовки.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Так як в результаті розрахунку  $K_3 < 2,5$ , то приймаємо  $K_3 = 2,5$ .

Таким чином, оскільки використовуємо два гідроциліндри:

$$Q = \frac{2,5 P_z}{2} = 1295 \text{ Н}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Сила  $P$  силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює  $P = 0,25\pi D^2 \rho \tau$ , тоді діаметр поршня циліндра  $D$  може бути розрахований по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \eta \rho}} \quad (3.5)$$

де  $\rho$  – робочий тиск масла, приймаємо 16 МПа;

$\eta = 0,9$  – ККД.

Визначаєм мінімальний діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1295}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 16}} = 11,13 \text{ мм}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

### Висновок до розділу 3

1. Наведений перелік металорізальних інструментів стосовно фрезерної операції (005) та вертикально-свердлильних операцій (010 і 015). Також проведений вибір допоміжних та вимірювальних інструментів стосовно технологічних переходів вказаних операцій.

2. Показано приклади роботи різних типів фрез при їх використанні на вертикально-фрезерному верстаті та показані відповідні рухи, що утворюють твірні і напрямні в процесі фрезерування.

3. Проведений розрахунок пристосування для операції 020 (комплексна з ЧПК) із зазначенням відповідних зусиль затиску та обчислення похибки обробки.

						Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 4. Охорона праці і безпека життєдіяльності

### 4.1 Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці

Під умовами праці розуміються сукупність факторів виробничого середовища, яке показує вплив на здоров'я і працездатність людини в процесі праці. Дослідження умов праці показали, що факторами виробничого середовища в процесі праці є санітарно-гігієнічна обстановка, психофізіологічні елементи. При організації умов праці необхідно також враховувати дію на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Організація і покращення умов праці на робочому місці являється одним з важливих резервів економічної ефективності виробництва, а також подальшого розвитку самого економічного значення організації і покращення умов праці. Створення умов праці для систематичного росту виробничих показників є важливим завданням організації виробництва.

Важливим є питання техніки безпеки праці. Техніка безпеки – це система організаційних і технічних засобів, які запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих факторів. Правила, норми, стандарти, техніки безпеки вимагають створення безпечних машин, механізмів, інструментів та іншого виробничого приладдя, розробки безпечних технологічних процесів, методів та прийомів праці.

Враховуючи сказане на підприємстві використовуються такі заходи покращення умов праці як оптимальний розподіл робочого часу і перерва на відпочинок.

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			<b>Охорона праці і безпека життєдіяльності</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Окіпний І.Б.</i>					<i>94</i>	<i>1014</i>
<i>Реценз.</i>						<b>МВс-41</b>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

При проектуванні, організації та проведенні технологічних процесів необхідно передбачати:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами та відходами виробництва, які мають на них небезпечний та шкідливий вплив;
- заміну технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих чинників, процесами та операціями, при виконанні яких ці чинники відсутні або мають меншу інтенсивність .
- застосування комплексної механізації, автоматизації: та комп'ютеризації виробництва;
- застосування дистанційного керування технологічними процесами та операціями при наявності небезпечних і шкідливих виробничих чинників.
- використання засобів колективного захисту працівників;
- раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики, та зниження важкості праці;
- своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників на окремих технологічних операціях;
- своєчасне видалення та знешкодження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- забезпечення пожежо та вибухо безпеки.

У відповідності з ГОСТ 12.3.002-75 безпечність виробничого процесу забезпечується: правильним вибором технологічних процесів, робочих операцій та порядку обслуговування виробничого устаткування; вибрано виробниче приміщення; вибрано матеріали; організовано робочі місця; забезпечено вимоги безпеки в нормативно-технічній і технологічній документації [14]. При організації технологічних процесів забезпечено:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами;
- забезпечено автоматизацію виробничих процесів;
- застосовано засоби колективного захисту;

						Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечено пожежо та вибухобезпеку.

Раціональне розташування основного та допоміжного устаткування, виробничих меблів, а також правильна організація робочих місць мають важливе значення для здорових та безпечних умов праці. Столи, шафи, стелажі та інші виробничі меблі поставлені впритул до конструктивних елементів будівлі.

Вимоги техніки безпеки до виробничого обладнання дільниці:

- виробниче устаткування, пристрої та інструменти протягом усього періоду експлуатації повинні відповідати вимогам безпеки згідно ГОСТ 12.2.003-91;
- небезпечні місця на дільниці огорожуються;
- конструкція устаткування виключає можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при усіх передбачених умовах експлуатації і монтажу;
- кабелі повинні бути захищені від випадкового їх пошкодження;
- пристрої для зупинки та пуску устаткування розміщені так, щоб ними було зручно користуватися з робочого місця;
- поверхні пристроїв і елементи виробничого устаткування, які служать елементами безпеки для працюючих, пофарбовані згідно ГОСТ 12.4.026-76;
- устаткування на дільниці в процесі експлуатації не забруднює виробниче середовище викидами шкідливих речовин у кількості більшій гранично допустимих значень, встановлених ГОСТ 12.1.005-88;
- устаткування, яке є джерелом шуму, ультразвуку, вібрації, повинно відповідати ГОСТ 12.1.003-83;
- контрольно вимірювальні прилади, що утримуються у справному стані, необхідно періодично перевіряти;
- на несправне обладнання керівник дільниці вивішує таблицю, на якій вказано, що працювати на даному устаткуванні заборонено;
- устаткування гідравлічне і пневматичне повинно бути виконано так, щоб будь-яка небезпека, що викликана цими видами енергії була виключена;

						Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електричний інструмент підлягає періодичні перевірки не менше одного разу в 6 місяців згідно з ГОСТ 12.2.013.0-91;
- у конструкціях ручного механізованого інструменту є пристрої для його підвішування.

Всі робочі місця на дільниці атестовані. Умови праці відносяться до категорії допустимих, тобто не шкодять здоров'ю.

В даному відділенні проводяться роботи середньої важкості – типу Пб. Для цієї категорії робіт створені по можливості найбільш оптимальні умови:

- температура навколишнього середовища: в теплу пору - 18...20°C і 20...22 в холодну пору року;
- відносна вологість повітря: 40..60 % у теплу і холодну пори року;
- швидкість руху повітря: не більше 0,3 м/с в теплу пору року і не більше 0,2 м/с в холодну пору року [14].

На дільниці передбачена організована природна вентиляція. Крім того, на окремих робочих місцях організовано місцеву витяжну вентиляцію і спеціальну витяжку для видалення шкідливих речовин всередині дільниці. Необхідну температуру в холодну пору року забезпечує загальнозаводське парове опалення низького тиску.

Необхідна освітленість дільниці забезпечується використанням суміщеного освітлення, яке складається з природного бокового двостороннього і штучного комбінованого. В склад штучного комбінованого освітлення входить загальне локалізоване (люмінесцентні лампи з робочою напругою 220 В) і місцеве освітлення (лампи розжарювання з робочою напругою 36 В). Освітленість дільниці складає: робоче – 300 лк, аварійне – 2 лк, евакуаційне – 0,5 лк, охоронне – 0,5 лк, чергове – 0,5 лк.

Джерелами шуму на дільниці є вентиляція і механічне обладнання і, в окремих випадках – додаткові засоби автоматизації. Захист від шуму здійснюється за рахунок надійного закріплення обладнання і його частин. Оскільки рівень шуму не перевищує 80 дБ, то індивідуальні засоби захисту працюючих від шуму не використовуються.

						Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними джерелами вібрації на дільниці є вентиляція і електромеханічне обладнання. Джерела вібрацій ізолюються за рахунок встановлення їх на гумових або пружинних ізоляторах, внаслідок чого рівень вібрації не перевищує допустимих норм.

Сильні електромагнітні поля на дільниці відсутні. Тому засоби захисту від електромагнітного випромінювання не застосовуються.

Захист від враження електричним струмом здійснюється за рахунок під'єднання всього обладнання, що працює під напругою до захисного заземлення. Вертикальні заземлювачі розміщені по периметру будівлі [13].

Відповідно до Правил пожежної безпеки для запобігання виникненню пожеж на дільниці проводиться пожежна профілактика регламентована згідно ГОСТ 12.1.004-85. На підприємстві створені спеціальні місця для паління. Там встановлені урни для недопалків, вивішені вогнегасники. У таких місцях є оголошення "Місце для куріння". В найбільшпо-жежонебезпечних місцях вивішені оголошення "Не курити". Дільниця згідно ОНТП 24-86 належить до категорії Д за вибухо- та пожежною небезпекою; ступінь вогнестійкості ШБ. Для гасіння пожежі на дільниці розміщено два пожежні гідранти низького тиску, сполучені з загальнозаводським водогоном. Крім того у відділенні передбаченні індивідуальні засоби пожежегасіння: вогнегасники ВПП-10 – 2 шт. і ВВП 5-02 – 2 шт. Також на території дільниці розміщено два пожежних стенди на яких розміщений пожежний інвентар (бочка з водою, вогнегасники - 3 шт., пожежні відра, ящик з піском) та пожежний інструмент згідно ГОСТ 12.004-85 (гаки - 3 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт., совкові лопати – 2 шт. ).

Для покращення стану ОП та умов роботи на дільниці пропоную:

- пофарбувати обладнання та інвентар наступним чином: зовнішні поверхні огорожі небезпечних місць в жовтий колір; частини машин, зіткнення з якими може призвести до травм – в червоний колір із білими смугами; поверхні кожухів – пунктирами із жовтого кольору;

- періодично проводити очищення систем вентиляції від виробничого пилу;

- проводити очищення світильників освітлення від бруду та запилення;

						Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- періодично проводити перевірку опору заземлення обладнання;
- постійно здійснювати контроль за станом обладнання і його відповідністю до вимог охорони праці і пожежної безпеки.

## 4.2 Розрахунок освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщення в темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно спроектовано залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їхньої праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15-20%. Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

Найчастіше для освітлення виробничих та адміністративних приміщень використовують люмінесцентні лампи, які енергетично є більш економнішими. Окрім того, вони за спектральними характеристиками максимально наближаються до природного світла, що важливо при використанні суміщеного освітлення.

Штучне освітлення приміщення, в якому виконуються роботи високої точності розряду IIIa відповідно до таблиці 2.10 [13], становить 500лк. Як світлові пристрої приймаємо світильники ЛПО01 (з чотирма лампами), які доцільно використовувати в даному випадку. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення  $h = 3,5$  м, що не суперечить вимогам СНиП II-4-79, відповідно до яких  $h_{\min} = 2,6-4$ м, коли в світильнику менше 4-ох ламп, і  $h_{\min} = 3,2-4,5$ м – при 4-ох і більше лампах.

Площа ділянки визначена в пункті 3.1. даного дипломного проекту відповідно до корисної площі, що займають верстати і допоміжної площі і становить 31,30 кв.м. На ділянці встановлено верстати (3 одиниці): 6P83Г, 2Н135, Doosan NHP 500. Для розрахунку площі приміщення округлюємо до

						Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цілих одиниць довжини і ширини приміщення. Отже площа ділянки для розрахунку становить 40 кв.м.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p \quad (4.1)$$

$$h = 3,5 - 1,1 = 2,4 \text{ (м)}$$

Показник приміщення ( $i$ ) становить

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

$$i = \frac{8 \cdot 5}{2,4 \cdot (8 + 5)} = 1,28$$

де,  $a$  і  $b$  – довжина і ширина приміщення, м;

$$a = 8 \text{ м;}$$

$$b = 5 \text{ м;}$$

$h$  - висота світильника над робочою поверхнею, м.

Згідно таблиці 2.7 [13] приймаємо  $i=1,25$ . При  $i= 1,25$ ,  $\rho_{стел}=70\%$ ,  $\rho_{тін} = 50\%$  для світильника ЛПО01 коефіцієнт використання дорівнює  $\eta = 0,55$ , [13] табл.2.8.

Визначаємо необхідну кількість світильників ( $N$ ), для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по чотири лампи ДРЛ-80, світловий потік однієї такої лампи становить  $\Phi_{л} = 3200$  лм, потужність 125 Вт таблиця 2.6, [13].

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot \Phi_{л} \cdot \eta} \quad (4.3)$$

де,  $E$  – нормована освітленість, лк; з таблиці 2.10 [13]  $E = 300$  лк;

$S$  – площа приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup>;  $S = 40$  м<sup>2</sup>;

$K_z$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;  $K_z = 1,5$ ; [13] таблиця А6.

						Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;  $Z = 1,1$ ; [13], С.138.

$\Phi_l$  – світловий потік,  $\Phi_l = 3200$  лм; таблиця 2.6, [13].

$\eta$  - коефіцієнт використання;  $\eta = 0,55$ .

$$N = \frac{500 \cdot 40 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 3200 \cdot 0,55} = 4,68$$

Для правильного розміщення світильників в приміщенні приймаємо 6 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в два ряди по 3 штуки в кожному. Оскільки довжина світильника мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в нього, то загальна довжина усіх світильників ( $\sum L_{cb}$ ) у ряді становить:

$$\sum L_{cb} = l \cdot n \quad (4.4)$$

де,  $l$  – довжина люмінесцентної лампи, м;  $l = 1,2$  м;

$n$  – кількість, шт.;  $n = 3$  шт.

$$\sum L_{cb} = 1,2 \cdot 3 = 3,6 \text{ м}$$

Визначимо сумарну електричну потужність ( $\sum P_{cb}$ ) усіх світильників, встановлених в приміщенні визначаємо за формулою:

$$\sum P_{cb} = P_l \cdot N \cdot n \quad (4.5)$$

$$\sum P_{cb} = 80 \cdot 6 \cdot 4 = 1920 \text{ Вт}$$

Схема визначення підвісу світильників вказана на рис.4.1

Схема розташування світильників на дільниці вказана на рис.4.2.

						Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



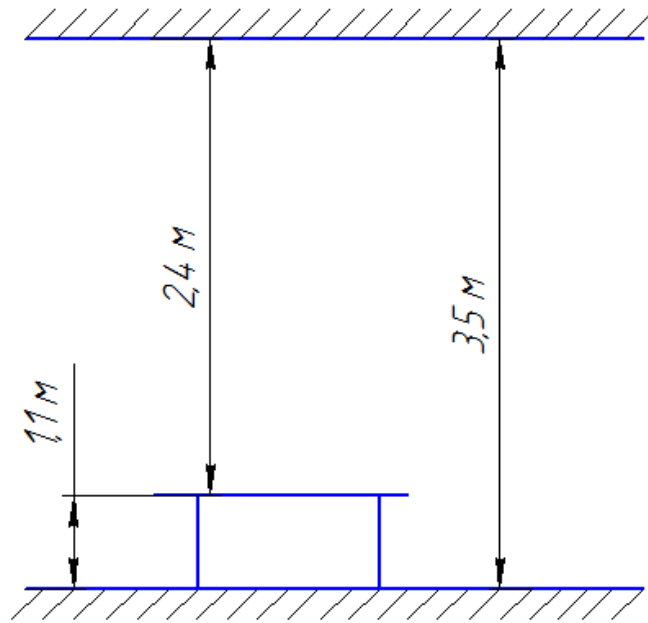


Рисунок 4.1 - Схема визначення підвісу світильників

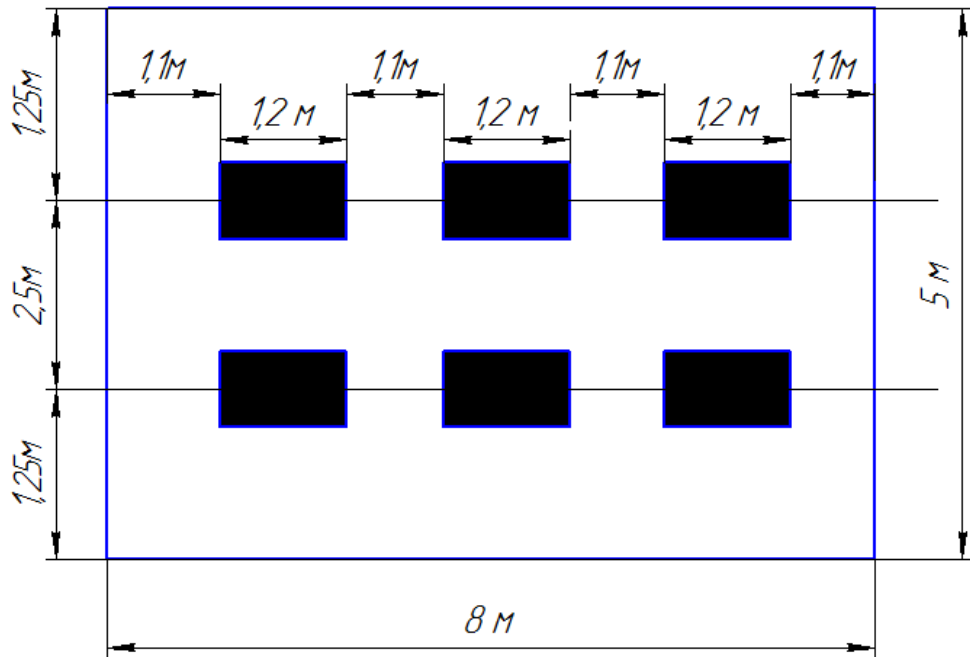


Рисунок 4.2 - Схема розташування світильників

## Висновок до розділу 4

У розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування дільниці з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Для дільниці площею 40 кв.м., здійснено розрахунок заземлення. Верстати (3 одиниці), які розміщені на дільниці: 6P83Г, 2Н135, Doosan NHP 500. Для забезпечення відповідного рівня освітленості спроектовано схеми розміщення світильників та їх підвісу. Кількість світильників для дільниці – 6 одиниць, тип ламп в них - ДРЛ-80. Для правильного розміщення світильників в приміщенні приймаємо 6 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в два ряди по 2 штуки в кожному. Розроблено схему підвісу світильників і схему розташування світильників.

						Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи отримані такі **результати**

1. Проаналізовані технічні вимоги щодо оброблюваної деталі, її конструктивні особливості та матеріал. З врахуванням програми випуску визначений тип виробництва та економічно прораховані різні методи отримання заготовки та вибрано раціональний.
2. Розроблено маршрутно-операційна технологія механічної обробки заданої деталі «корпус крана» на основі аналізу властивостей матеріалу деталі і типових процесів.
3. Прораховані між операційні припуски та інші необхідні розміри для операцій обробки.
4. Табличним методом встановлені режими різання по операціях.
5. Проведений аналіз відомих фрезерних верстатів і обраний верстат-аналог.
6. Для вибраної структурно-кінематичної схеми верстату визначений діапазон регулювання приводу головного руху та проведений кінематичний розрахунок.
7. Відповідно до спроектованого графіку чисел обертів запропонована кінематична схема, а також розраховані силові фактори і потужність різання, на кінематичній схемі відображені її відповідні параметри, зокрема числа зубів передач.
8. Проведений розрахунок валів коробки швидкостей за критеріями міцності на згин, а також наведена конструкція шпиндельного вузла, опори якого призначені з точки зору характеристик жорсткості.

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			Кваліфікаційна робота	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луців І.В.</i>					<i>104</i>	<i>107</i>
<i>Реценз.</i>						МВс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

9. Показані результати вибору інструментів (різальних та вимірювальних) для здійснення механічної обробки деталі «корпус крана» для технологічних операцій 005,010 і 015.
10. Проілюстровані схеми обробки деталей на розробленому верстаті з використанням різних типів фрез та надано опис деяких із їх конструкцій.
11. Запропоновані розрахунки і конструктивна побудова пристосування для комплексної операції 020 обробки обраної деталі.
12. Показані заходи охорони праці стосовно дільниці обробки заданої деталі та прораховані характеристики освітлення дільниці.

						Арк.
						105
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.

					<i>КР21.223.000.00ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Денис А.І.</i>			Перелік посилань	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Луців І.В.</i>					<i>106</i>	<i>214</i>
<i>Реценз.</i>						МВс-41		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

11. Горошкин А. К. Приспособление для металлорежущих станков: справочник. Москва: Машиностроение, 1979. 303 с.
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. Луцив, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
17. Луцив І.В. Оцінка впливу похибок комплексного самоналагоджувального оснащення на точність оброблюваних циліндричних поверхонь / Луцив І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. // ВісникНУ «Львівська політехніка». Зб. наук. праць. – 2016. – № 839. С. 80–85.

						Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



