

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ПІВОСІ КПВ2010-22**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМС-21
Хіміч Дмитро Вікторович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Редько Ростислав Григорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р.Редько

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Хімічу Дмитру Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка технологічного процесу механічної обробки півосі КПВ2010-22*

Керівник роботи: *Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент,*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «28» грудня 2022 р., № 986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, креслення деталі півосі, річна програма випуску 5000 шт/рік, базовий технологічний процес, нормативні дані.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3 Конструкторська частина. 4 Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки і деталі – 1 лист (ф.А.1), КН – 2 листи (ф.А1), складальні креслення верстатних пристроїв - 4 листи (ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Загальна частина	14.03.23	
2.	Конструкторська частина	10.04.23	
3.	Технологічна частина	15.04.23	
4.	Охорона праці	20.04.23	
5.	Оформлення графічної частини	10.05.23	
6.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	20.05.23	
7.	Представлення роботи до захисту	30.05.23	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Хіміч Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Редько Р.Г.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Хімич Д.В. Розробка технологічного процесу механічної обробки півосі КПВ2010-22. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе технологічну, конструкторську, частини, а також питання охорони праці. В технологічній частині проекту подані матеріали та розрахунки, пов'язані з описом та відпрацюванням виробу на технологічність, розробкою маршрутної та операційної технології оброблювання, вибором методу виготовлення заготовки, розрахунком режимів різання та нормуванням робіт. В конструкторській частині проекту наведені описи та розрахунки розробленої технологічної оснастки та контрольного приладу. Питання, пов'язані з нормуванням і розрахунком основних виробничих факторів, що забезпечують безпечну роботу цеху, засобами пожежної безпеки, викладені в розділі охорони праці.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

ABSTRACT

Khimich D.V. Development of the technological process of mechanical processing of the KPV2010-22 semi-axis. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes technological, design, parts, as well as labor protection issues. In the technological part of the project, materials and calculations related to the description and development of the product for manufacturability, the development of route and operational technology of processing, the choice of the method of manufacturing the workpiece, the calculation of cutting modes and the normalization of work are presented. The design part of the project contains descriptions and calculations of the developed technological equipment and control device. Questions related to the rationing and calculation of the main production factors that ensure the safe operation of the shop, fire safety means, are outlined in the section on labor protection.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, cutting modes, technological equipment.

	Вступ.....	7
1	Загальна частина.....	8
1.1	Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ.....	8
1.2	Аналіз базового технологічного процесу	9
1.3	Сучасні досягнення в області технології, обладнання і оснащення при виготовленні подібних деталей. Порівняльний аналіз	10
1.4	Характеристика проектного варіанту технологічного процесу. Економічне обґрунтування	11
1.5	Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу ...	19
2	Технологічна частина.....	21
2.1	Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва	21
2.2	Відпрацювання деталі на технологічність	22
2.3	Вибір способу отримання заготовки, економічне обґрунтування	23
2.4	Вибір методу обробки поверхонь	25
2.5	Вибір та розрахункове обґрунтування баз	27
2.6	Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу	30
2.6.1	Визначення допусків, припусків і операційних розмірів	30
2.6.2	Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та інструменту	37
2.6.3	Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва	47

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			5

3	Конструкторська частина.....	50
3.1	Розробка розрахункової схеми пристосування.....	50
3.2	Точнісний та силовий розрахунок пристосування.....	58
3.3	Опис та принцип роботи пристосування	61
4	Охорона праці.....	67
	Висновки і пропозиції	74
	Список використаних джерел.....	75
	Додатки.....	77

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інтенсивний розвиток виробництва в машинобудуванні невідривно пов'язаний з технічним прогресом і модернізацією засобів виробництва на базі використання новітніх досягнень науки та техніки.

Розвиток сучасного машинобудування, підвищена якість машин, приладів і оснастки, скорочення термінів розробки та впровадження виробництва нових виробів, забезпечення їх високої точності й стабільності процесів виготовлення перебувають в прямій залежності від досконалості технології.

Проектування раціональних та оптимізованих технологічних процесів включає розв'язання великого комплексу взаємопов'язаних задач з надійності та забезпечення встановлених технічними вимогами параметрів точності продукції і заданого рівня економічних показників виробництва.

Зростання ефективності машинобудівного виробництва та його швидкий розвиток повинен виконуватись, в першу чергу, у результаті вдосконалення, застосування та інтенсифікації технологій. Вдосконалення та інтенсифікація сучасних технологічних процесів відбувається шляхом підвищення швидкостей обробки, зменшення часу на допоміжні операції, комплексної автоматизації та комп'ютеризації машинобудівного виробництва як від проектування деталі, так до налагодження і контролю готового виробу.

У даній кваліфікаційній роботі спроектовано дільницю механічної обробки, розроблено оптимальний техпроцес механічної обробки типових деталей із застосуванням верстатів з ЧПУ.

Дана модернізація дозволить значно скоротити виробничу площу та збільшити продуктивність праці.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, технічні умови

Деталь “піввісь” – рухома частина механізму, що призначена для передачі навантаження від колеса на корпус візка. З призначення деталі зрозуміло, що вона працює в досить складних умовах змінного навантаження.

Точна циліндрична поверхня $\varnothing 30f7$ призначена для підшипника маточини. Завдяки двом іншим отворам $\varnothing 17H8$ та $\varnothing 12H9$ піввісь закріплюється на несучій системі візка.

Деталь “піввісь” відноситься до класу не круглих стержнів. Основне призначення півосі – передача навантаження від колеса до несучої системи візка, та надання колесу візка орієнтованого просторового положення.

Деталь “піввісь” за своїм призначенням працює в дуже складних умовах: високе навантаження, можлива дія абразивів (пил, пісок, сміття та ін.), дія ударних навантажень, постійна зміна розтягуючих та стискаючих навантажень. Тому до матеріалу, з якого виготовлена деталь “піввісь”, висуваються вимоги стійкості до знакозмінних навантажень, міцності, оброблюваності різанням.

Деталь виготовлена з матеріалу сталь 45 ГОСТ 1050-88. Цей матеріал належить до якісних вуглецевих сталей, що характеризуються високою міцністю, добре обробляються різанням. Заготовка – поковка. Після одержання заготовки піддають відпалу.

Механічні та фізичні властивості сталі 45 наведені в таблиці 1.1.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. - Механічні та фізичні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Механічні властивості				Фізичні властивості			
межа плин- ності, σ_T МПа	Тимча- совий опір розриву, σ_B МПа	відносне подов- ження δ , %	ударна в'язкість a_n , кДж/м ²	Твер- дість, НВ	щільність γ , г/см ³	Теплопро- відність λ , Вт/(м·С°)	Коефі- цієнт лінійно- го розши- рення $\alpha \cdot 10^6$ 1/С
353	598	16	490	197	7,814	60	11,649

Висновок: креслення деталі містить достатню кількість видів та перерізів, що дає повне уявлення щодо конструктивних особливостей деталі.

Механічні властивості матеріалу заготовки відповідають умовам навантаження та роботи деталі у вузлі.

1.2. Аналіз базового технологічного процесу

Розглянемо заводський технологічний процес.

Таблиця 1.2. – Базовий технологічний процес

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	6P12
010	Вертикально-свердлильна	2Н135
015	Токарна - гвинторізна	16K20
020	Токарна - гвинторізна	16K20
025	Токарна - гвинторізна	16K20
030	Вертикально-фрезерна	6P12
035	Вертикально-свердлильна	2Н135
040	Вертикально-свердлильна	2Н135
045	Вертикально-свердлильна	2Н135
050	Вертикально-фрезерна	6P12
055	Токарна - гвинторізна	16K20

Базовий техпроцес полягає у застосуванні універсальних верстатів, що при серійному виробництві є проблемою, тому що збільшується кількість обладнання, збільшується число робітників, зростає споживання енергії та

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

виробничі площі. Більшість операцій потребують більшої кількості переустановлень деталей, що збільшує похибку установаження та закріплення.

Тому актуальним є в новому техпроцесі використовувати верстати з ЧПУ.

Таблиця 1.3. – Проектний технологічний процес

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК	2254ВМФ4
010	Токарна з ЧПК	16К20Ф3
015	Фрезерна з ЧПК	6Р11МФ3-1
020	Свердлувальна з ЧПК	2Р135Ф2-1
025	Фрезерна з ЧПК	6Р11МФ3-1
030	Токарна з ЧПК	16К20Ф3

Проектний варіант є більш доцільним, тому що він забезпечує більшу однотипність обладнання, більшу концентрацію операцій, а тому і менше число робітників; розглядаємо можливість застосування багатOVERстатного обладнання.

1.3. Сучасні досягнення в області технології, обладнання і оснащення при виготовленні подібних деталей. Порівняльний аналіз

Найближчі перспективи і сучасний стан в машинобудуванні пов'язані з переходом від створення окремих машин і агрегатів до розробок систем автоматичних машин.

Одним з принципових питань стратегії комплексної автоматизації є оптимальне поєднання нових методів і засобів з традиційними.

В умовах серійного виробництва універсальні верстати-півавтомати з ЧПК чи технологічні комплекси з управлінням від ЕОМ може замінити один переналагоджувальний багатошпиндельний агрегатний верстат-півавтомат, на якому декілька деталей обробляються одночасно багатьма

інструментами, продуктивність його значно вище, ніж одноінструментних верстатів, а переналагодження значно коротше.

Переломним моментом в автоматизації велико серійного виробництва була поява машин з ЧПК, які пов'язували високу продуктивність і мобільність завдяки наявності систем управління на електронній основі.

Першою тенденцією є перехід від верстатів-напіавтоматів до автоматів. Щоб забезпечити кругло добову роботу верстату при двохзмінному режимі роботи виробничих підрозділів та обслуговуванні верстату, його наділяють автоматичним магазином для заготовок і оброблених виробів. Для верстатів по обробці корпусних деталей такі магазини виконують в вигляді транспортера з кроковим переміщенням, де деталі закріплюють у пристроях-супутниках.

Друга тенденція – перехід до багато інструментальної і багато позиційної обробки. Для обробки корпусних деталей створюються токарні верстати по принципу створення одно позиційних верстатів з багатосторонньою обробкою деталі одночасно декількома інструментами.

Третя тенденція розвитку автоматизованого обладнання – створення уніфікованих конструкцій замість спеціально розроблених в кожному конкретному випадку. Для підвищення продуктивності виробництво вимагає використання комбінованого інструменту, застосування верстатних пристроїв з силовим приводом.

1.4. Характеристика проектного варіанту технологічного процесу. Економічне обґрунтування

Загальні правила щодо проектування техпроцесів механічної обробки встановлюються за ГОСТ 14.301-83. Кожний варіант техпроцесу відрізняється техніко-економічними показниками, а тому стає задача

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

вибору найкращого, що забезпечить одержання деталі необхідної якості, заданої кількості за мінімальних витрат. Такий техпроцес можна назвати оптимальним для наявних умов виробництва за прийнятим критерієм.

Визначимо технологічну собівартість виготовлення деталі за базовим та проектним варіантами за методикою [1], стр 39.

Приведені часові витрати, грн/год, визначимо за формулою:

$$C_{п.з.} = \frac{C_з}{M} + C_{ч.з.} + E_H(K_C + K_з),$$

де $C_з$ - основна та додаткова зарплата, грн/год;

$M=1$ - коефіцієнт багатостатності обслуговування;

$C_{ч.з.}$ - часові витрати на експлуатацію робочих місць, грн/год;

$E_H = 0,2$ - нормативний коефіцієнт економічної доцільності капітальних вкладень;

K_C - питомі часові капвкладення в обладнання, грн/год;

$K_з$ - питомі часові капвкладення в приміщення, грн/год.

Основну і додаткову заробітні плати, грн/год, визначимо за формулою:

$$C_з = C_{т.ф.} \cdot 1,53 \cdot k,$$

де $C_{т.ф.}$ - годинна тарифна ставка робітника, грн/год,

$C_{т.ф.} = 1,6$ грн/год.

$k = 1$ - коефіцієнт, який враховує зарплату налагоджувача (серійне виробництво).

Часові витрати на експлуатацію робочих місць визначимо за формулою:

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} \cdot K_M,$$

де $C_{ч.з.}^{б.у.}$ - фактичні (скориговані часові витрати), грн.

K_M - коефіцієнт, що вказує, в скільки разів витрати, пов'язані з роботою даного обладнання, більші за аналогічні витрати у базовому варіанті;

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Капвкладення в обладнання і приміщення для серійного типу виробництва визначимо за формулами: $K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_s}$, грн/год;

$$K_s = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_s}, \text{ грн/год.}$$

де $Ц$ - балансова ціна верстата, грн;

F - виробнича площа, що займає цей верстат з врахуванням проходів.

$$F = f \cdot K_f.$$

де f - площа одиниці обладнання в плані, M^2 ;

K_f - коефіцієнт, що враховує допоміжну виробничу площу;

$F_{\delta} = 4029$ год - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_s = 0,8$ - коефіцієнт завантаження верстата.

Вартість мехобробки на розглядуваних операціях визначимо за формулою:

$$C_o = \frac{C_{n.z} \cdot T_{um}}{60 \cdot \kappa_{\epsilon}},$$

де $\kappa_{\epsilon} = 1,3$ - коефіцієнт виконання норми виробів.

Технологічну собівартість визначимо за відмінними операціями технологічних процесів.

Для операції „Фрезерування”:

$$C_z = 1,6 \cdot 1,53 \cdot 1 = 2,45 \text{ грн/год} = 96 \text{ коп/год.}$$

$$C_{ч.з}^{\delta.y} = 44,6 \text{ коп/год.}$$

$$K_{м.пр.} = 0,7; K_{м.б.} = 1,2.$$

$$C_{ч.з. пр.} = 44,6 \cdot 0,7 = 31,22 \text{ коп/год;}$$

$$C_{ч.з. б.} = 44,6 \cdot 1,2 = 53,52 \text{ коп/год.}$$

$$Ц_{пр.} = 42000 \text{ грн; } Ц_{б.} = 31600 \text{ грн.}$$

$$F_{пр} = 20 M^2.$$

$$F_{б.} = 10,4 M^2.$$

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$K_{c, np} = \frac{42000 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 1303 \text{ грн/год}; K_{z, np} = \frac{20 \cdot 78,4 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 48,7 \text{ грн/год.}$$

$$K_{c, б} = \frac{31600 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 980 \text{ грн/год}; K_{z, б} = \frac{10,4 \cdot 78,4 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 25,3 \text{ грн/год.}$$

Визначаємо $C_{п.з.}$:

$$C_{п.з. np.} = \frac{C_{z, np.}}{M} + C_{ч.з. np.} + E_n (K_{c, np} + K_{z, np}) = \frac{96}{1} + 31,22 + 0,15(1303 + 48,7) = 330 \text{ грн/ год}$$

$$C_{п.з. б.} = \frac{C_{z, б.}}{M} + C_{ч.з. б.} + E_n (K_{c, б} + K_{z, б}) = \frac{96}{1} + 53,52 + 0,15(980 + 25,3) = 300 \text{ грн/ год}$$

$$C_{o, np} = \frac{C_{п.з. np.} \cdot T_{шт np.}}{60 \cdot \kappa_6} = \frac{330 \cdot 1,81}{60 \cdot 1,3} = 7,7 \text{ рн}$$

$$C_{o, б} = \frac{C_{п.з. б.} \cdot T_{шт б.}}{60 \cdot \kappa_6} = \frac{300 \cdot 2,4}{60 \cdot 1,3} = 9,2 \text{ грн}$$

Результати розрахунків за операціями, що відрізняються, заносимо для базового варіанту в таблицю 1.4, а для проектного в таблицю 1.5.

Таблиця 1.4. - Технологічна собівартість для базового варіанту

№ оп	Назва операції, її зміст	Тшт-к, хв	Кількість	Обладнання		Собівартість, грн
				модель	ціна, грн	
005	Вертикально-фрезерна	4,82	1	6P12	31600	18,5
010	Вертикально-свердлильна	3,8	1	2H135	16100	9,7
015	Токарна -гвинторізна	2,7	1	16K20	54500	11,1
020	Токарна-гвинторізна	2,6	1	16K20	54500	10,8
025	Токарна -гвинторізна	1,8	1	16K20	54500	7,38
030	Вертикально-фрезерна	3,22	1	6P12	31600	12,4
035	Вертикально-свердлильна	3,15	1	2H135	16100	8,1
040	Вертикально-свердлильна а	4,6	1	2H135	16100	11,8
045	Вертикально-свердлильна	2,85	1	2H135	16100	7,3
050	Вертикально-фрезерна	2,4	1	6P12	31600	9,2
055	Токарна -гвинторізна	2,65	1	16K20	54500	10,9
	Всього	34,59	11		377200	117,18

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.5. - Технологічна собівартість для проектного варіанту

№ оп	Назва операції, її зміст	Тшт-к, хв	Кіль- кість	Обладнання		Собівартість, грн
				модель	ціна, грн	
005	Багатоцільова з ЧПК	5,98	1	2254ВМФ4	120000	23,0
010	Токарна з ЧПК	3,79	1	16К20Ф3	44000	14,6
015	Фрезерна з ЧПК	2,88	1	6Р11МФ3-1	42000	11,0
020	Свердлувальна з ЧПК	8,13	1	2Р135Ф2-1	27000	31,3
025	Фрезерна з ЧПК	1,81	1	6Р11МФ3-1	42000	7,7
030	Токарна з ЧПК	1,64	1	16К20Ф3	44000	6,3
	Всього	24,23	6		319000	93,9

Визначимо величину приведеної річної економії: $\mathcal{E}_M = (C_{o.б} - C_{o.п}) \cdot N$,
грн.

де $C_{o.б}$, $C_{o.п}$ - вартість мехобробки порівнювальних варіантів.

$$\mathcal{E}_M = (117,18 - 93,9) \cdot 5000 = 116400 \text{ грн.}$$

Як висновок з представлених результатів розрахунку технологічна собівартість мехобробки за проектним варіантом значно менша ніж за базовим. Це було досягнуто за рахунок підвищення продуктивності обробки, а також скороченням трудомісткості, порівняно з базовим варіантом техпроцесу механічної обробки. Згідно проведеного розрахунку собівартості приймаємо проектний варіант техпроцесу як оптимальний.

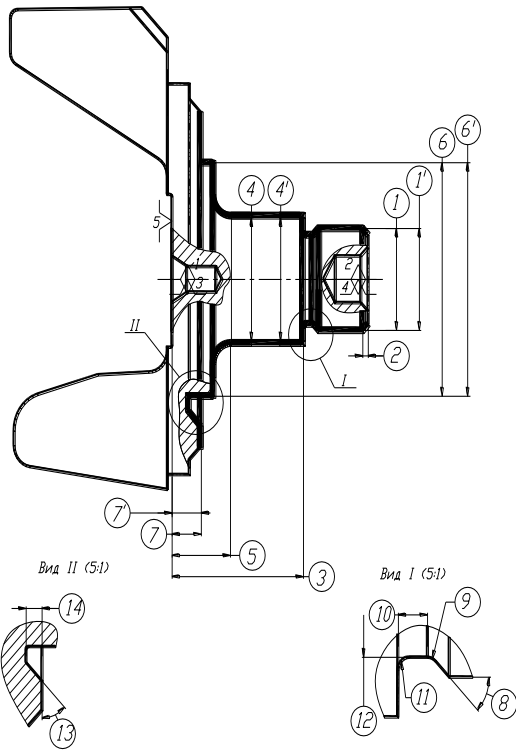
Операційний технологічний процес наведений у табл. 1.6.

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

Таблиця 1.6. – Проектний технологічний маршрут обробки півосі

№ опер.	Назва та зміст операції	Ескіз обробки
005	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати остаточно торець в р-р 1. Фрезерувати остаточно паз в р-р 2, 3, 4. Свердлити центровий отвір в р-р 5, 6, 7, 8. Свердлити центровий отвір в р-р 9, 10, 11, 12. 	
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Точити попередньо, по контуру в р-р 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Точити послідовно попередньо, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14. Точити послідовно остаточно, контурним різцем з підрізанням торцевих поверхонь в р-р 3, 4', 5, 6', 7'. Нарізати різь в р-р 1'. 	

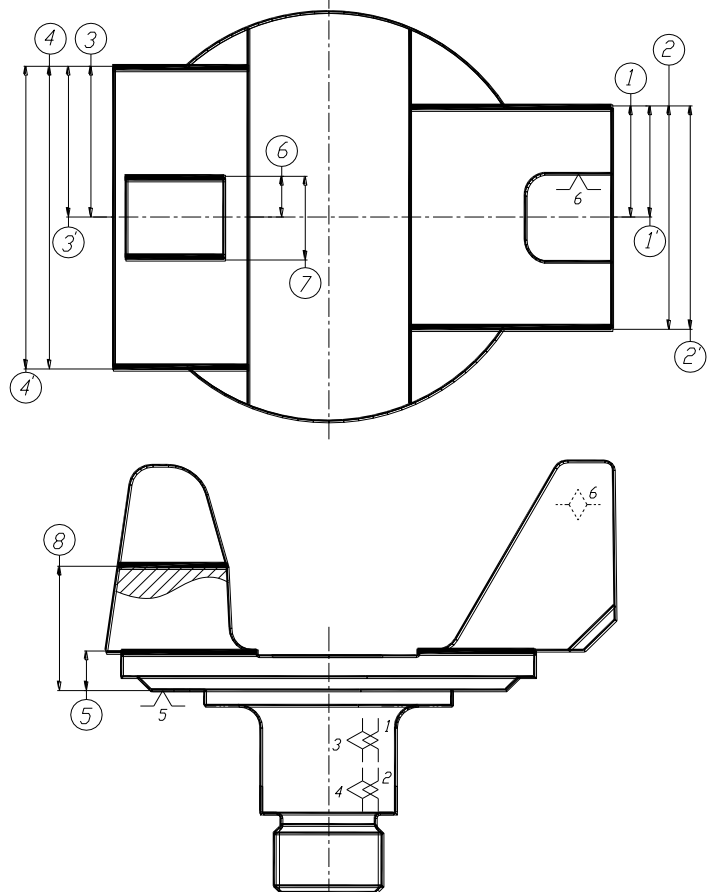
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



015

Фрезерна з ЧПК

- 1.Фрезерувати попередньо, послідовно в р-р 1, 2, 3, 4, 5.
- 2.Фрезерувати однократно паз в р-р 6, 7, 8.
- 3.Фрезерувати остаточно, послідовно в р-р 1', 2', 3', 4'.



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

030Б-23.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

020

Свердлильна з ЧПК

А. Встановити, закріпити, зняти

1.Ценрувати послідовно два отвори в р-р 1, 2, 3, 4

2.Свердлити наскрізний отвір в р-р 1, 4, 6.

3.Свердлити наскрізний отвір в р-р 1, 2, 3, 5.

4.Зенкерувати два отвори послідовно, попередньо в р-р 2, 5', 6'.

5.Зенкерувати два отвори послідовно, остаточно в р-р 2, 5'', 6''.

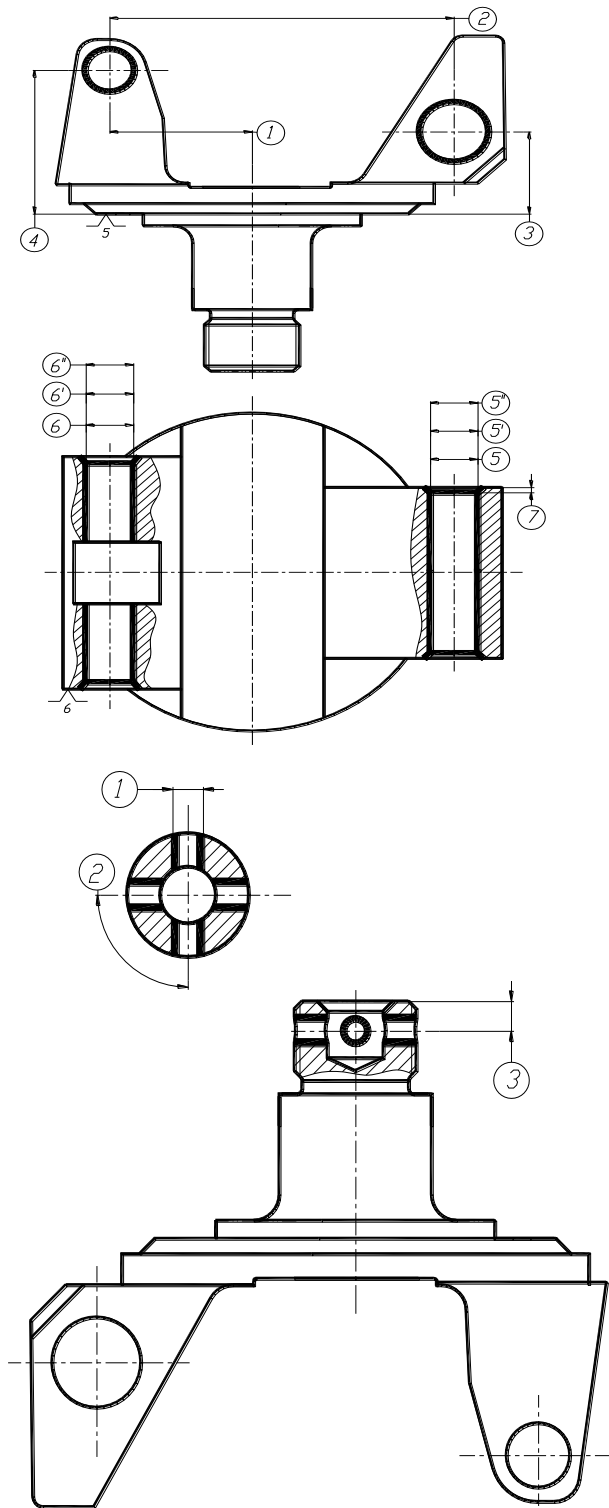
6.Зенкувати два отвори в р-р 2, 7.

Б. Встановити, закріпити, зняти

7.Зенкувати два отвори в р-р 2, 7.

В. Встановити, закріпити, зняти

8.Свердлити послідовно два наскрізних отвори в р-р 1, 2, 3.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

030Б-23.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

18

1. Спроекувати новий техпроцес, що буде орієнтований на застосування обладнання з ЧПК, а також техпроцес за використання прогресивних методів отримання заготовок за умов серійного виробництва.

2. Спроекувати та обрати оснащення, що забезпечить реалізацію техпроцесу, що проектується.

3. Обґрунтувати можливість збільшення продуктивності обробки шляхом використання сучасних інструментальних матеріалів та конструкцій ріжучого інструменту.

4. Розглянути можливість використання більш сучасних засобів автоматизації для проектування техпроцесів і конструювання оснастки за виконання технологічної підготовки виробництва.

5. Зробити економічні розрахунки для перевірки ефективності технологічних розробок.

6. Передбачити сучасні засоби з охорони праці та захисту навколишнього довкілля.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва

Штучний час визначали згідно розрахунку основного часу, визначеного за наближеними формулами. Наведемо його у таблиці 2.1.

Кількість верстатів та операцій зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.1. – Укрупнене нормування технологічного процесу обробки корпусу

№ опер.	Назва операції та її зміст	T_o , хв	φ_k	$T_{шт-к}$, хв
005	Багатоцільова з ЧПК	4,31	1,51	6,51
010	Токарна з ЧПК	0,30	1,36	0,41
015	Токарна з ЧПК	0,56	1,36	0,76
020	Фрезерна з ЧПК	1,86	1,84	3,42
025	Свердлувальна з ЧПК	5,13	1,41	7,23
030	Свердлувальна з ЧПК	0,61	1,41	0,86
035	Фрезерна з ЧПК	1,02	1,84	1,88
040	Токарна з ЧПК	0,32	1,36	0,44
	Всього			21,51

Таблиця 2.2. – Визначення кількості верстатів та операцій

№ опер.	Назва операції	$T_{шт-к}$, хв	m_r , шт	$m_{пр}$, шт	η_ϕ	O
005	Багатоцільова з ЧПК	6,51	0,17	1	0,17	4,71
010	Токарна з ЧПК	1,17	0,03	1	0,03	26,67
015	Фрезерна з ЧПК	3,42	0,1	1	0,1	8,0
020	Свердлувальна з ЧПК	8,09	0,21	1	0,21	3,81
025	Фрезерна з ЧПК	1,88	0,05	1	0,05	16,0
030	Токарна з ЧПК	0,44	0,01	1	0,01	80,0
	Всього	21,51		6		139,19

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо кількість змін, що потрібна для обробки даної партії виробів за формулою:

$$C = \frac{T_{\text{шт-к.с.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{3,6 \cdot 59}{476 \cdot 0,8} = 0,6$$

Приймаємо одну зміну. Кількість деталей у партії, що обробляється за одну зміну, складає:

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{\text{шт-к.с.}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,8}{3,6} = 105 \text{шт}$$

2.2. Відпрацювання деталі на технологічність

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

На підставі вивчення робочого креслення деталі й умов її роботи визначаємо:

1. Вид заготовки – поковка.
2. Майже всі поверхні деталі оброблюються різанням.
3. Поверхні, що використані для базування – торцеві, зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні;
4. Конструкція деталі забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструмента до оброблюваних поверхонь;
5. Можливе проведення безпосереднього контролю розмірів, заданих на кресленні;
6. Твердість та жорсткість деталі достатня і режимів різання не обмежує;

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі виражається числовим показником і є раціональною тоді, якщо дані показники істотно впливають на технологічність даної конструкції (ГОСТ 14205-83).

Як видно із кількісної оцінки технологічності конструкції деталі конструкція є технологічною.

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

2.3. Вибір способу отримання заготовки, економічне обґрунтування

В нашому випадку деталь “піввісь” виготовлена з Ст 45, це не є ливарна сталь, тобто заготовку можна отримати тільки обробкою тиском.

В машинобудуванні поряд з литтям та зварюванням для виготовлення заготовок широко використовується обробка металів тиском. Однак цей метод має декілька способів, вибір яких залежить від маси деталі, матеріалу та конфігурації, програми випуску тощо. Особливо розповсюджені кування та об’ємне штампування.

Куванням отримують поковки простої форми вагою до 250т з великими напусками. При застосуванні спеціального інструменту можна зменшити напуск. Малі та середні поковки випускають тільки в малосерійному виробництві, а великі в усіх видах виробництва. Для виготовлення малих та середніх поковок для підвищення продуктивності праці використовують підкладні штампи.

Порівняно з куванням, гаряче об’ємне штампування має наступні переваги:

- Поковки, що виготовляються штампуванням, мають більш складну форму та кращу якість поверхні, шорсткість $R_a = 20 \dots 5 \text{ мкм}$, а при використанні холодного калібрування $R_a = 2,5 \dots 0,4 \text{ мкм}$.
- Точність штампованих заготовок значно вища, а припуски на механічну обробку нижче в 2–3 рази ніж у кованих.
- Значно підвищується продуктивність праці.
- Завдяки наявності в штампах виштовхувачів, штампувальні уклони значно менші ніж при куванні.

Залежно від обладнання розрізняють наступні види об’ємного штампування:

- На штампувальних пароповітряних молотах подвійної дії.
- На кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП).
- На горизонтально кувальних машинах (ГКМ).
- На гідравлічних пресах.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- На високошвидкісних молотах.
- На спеціальних машинах (кувальні вальці, горизонтально-згинаючі, машини-бульдозери, ротаційно-обтискні та радіально-обтискні машини, електровисадочні машини, розкочувальні машини).

Залежно від типу штампу штампування розділяють на наступні види:

- В відкритих штампах.
- В закритих штампах.
- В штампах для видавлювання.

Вибір типу штампу визначається конфігурацією та складністю деталі, її вагою та матеріалом, видом виробництва.

Виходячи з усього вищезгаданого та згідно з рекомендаціями викладеними в [6] стор. 141 - 143 приймаємо заготовку – штамповку, яку отримуємо в закритих штампах на КГШП у нероз’ємних матрицях.

Штампування в закритих штампах на КГШП у нероз’ємних матрицях досягається використанням більш точних заготовок, більш точним дозуванням металу, використанням звичайної заготовки та компенсуючого пристрою в штампах для розміщення надлишку металу (5 ... 10% об’єму заготовки). Точне дозування металу для штампування пов’язана з додатковими витратами, тому що використовується більш складний інструмент.

Отже враховуючи все вищезгадане розробимо ескіз поковки рис. 2.1.

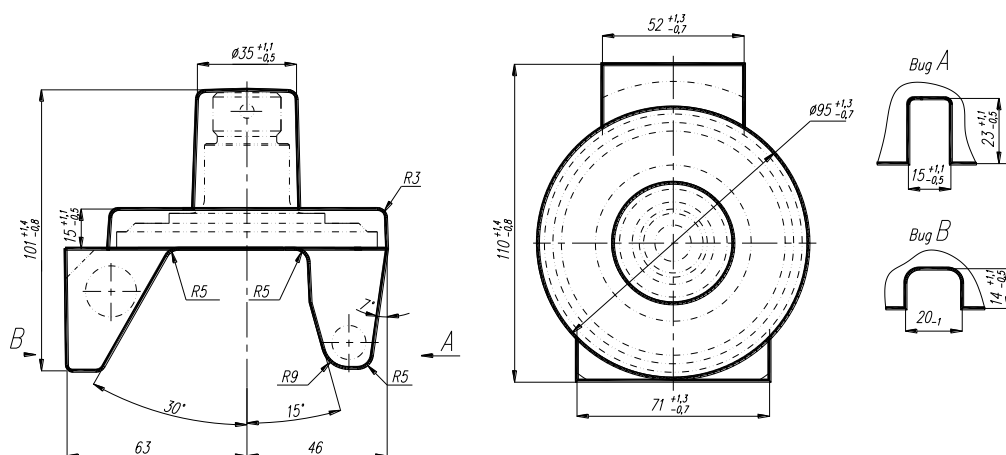


Рисунок 2.1 Ескіз заготовки деталі “Піввісь”

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

Вартість заготовки отриманої штампуванням на КГШП в закритих штампах:

$$S_{\text{ЗАГ}} = \left(\frac{2100}{1000} \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,33 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (1,4 - 1,25) \frac{400}{1000} = 4,24 \text{ грн.}$$

В такий спосіб можна отримати заготовку, найбільш наближену формою до готової деталі. Це дає змогу значно підвищити коефіцієнт використання матеріалу, та можливість зменшити собівартість.

Виходячи з проведених розрахунків визначаємо, що найбільш дешевий і менш матеріаломісткий метод одержання заготівлі – штампування на КГШП в закритих штампах. Такий спосіб дозволить одержувати заготівлі з найменшими припусками на механічну обробку.

Отже, в результаті проведених розрахунків остаточно з'ясовано, що в даному випадку найбільш доцільним є отримання заготовки на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП), в закритих штампах. В порівнянні з відкритими штампами, можливий річний економічний ефект може досягти 3350 грн, а економія матеріалу перевищить тону, що для деталі яка важить трохи більше кілограма є досить непоганим показником.

2.4. Вибір методу обробки поверхонь (за коефіцієнтом уточнення)

Послідовність виконання основних операцій буде наступною:

1. Обробка поверхонь ОТБ, що будуть надалі використовуватися як бази на наступних операціях
2. Чорнова обробка контурів
3. Чорнова обробка головної зовнішньої поверхні
4. Чистова обробка бічних сторін та пазів
5. Чистова обробка контурів
6. Обробка отворів та нарізання різей

Для того, щоб розробити послідовність обробки поверхонь, проведемо аналіз усіх поверхонь (рис. 2.2) та з'ясуємо вимоги, пропоновані до них. (див. табл. 2.3).

									Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

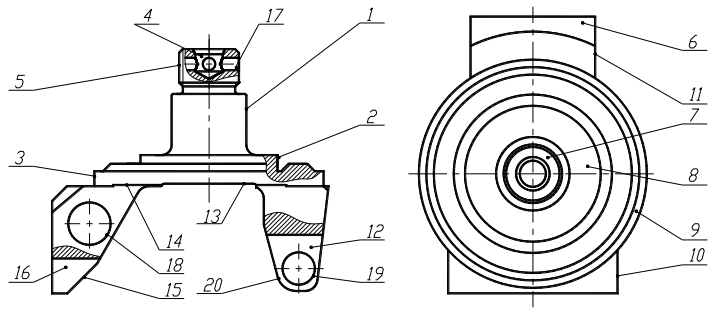


Рисунок 2.2 Поверхні деталі

Таблиця 2.3. - Послідовність обробки поверхонь

№	Вимоги якості за кресленням		Типова технологічна послідовність обробки	Економічні показники якості	
	IT	R _a		IT	R _a
1	7	2,5	Точіння чорнове	12	20
			Точіння напівчисте	10	12,5
			Точіння чистове	9	6,3
			Точіння тонке	7	2,5
2	7	2,5	Точіння чорнове	12	20
			Точіння напівчисте	10	12,5
			Точіння чистове	9	6,3
			Точіння тонке	7	2,5
3	12	20	Точіння однократне	12	20
4	12	20	Свердлування	12	6,3
5	8	6,3	Точіння чорнове	12	20
			Точіння напівчисте	10	12,5
			Точіння чистове	8	6,3
			Нарізання різі	8	6,3
6	12	20	Точіння однократне	12	20
7	12	20	Фрезерування однократне	12	20
8	12	20	Точіння однократне	12	20
9	12	20	Точіння однократне	12	20
10	11	20	Фрезерування однократне	12	20
11	11	20	Фрезерування однократне	12	20
12	13	20	Фрезерування однократне	12	20
13	12	20	Фрезерування однократне	12	20
14	12	20	Фрезерування однократне	12	20
15	11	20	Фрезерування однократне	12	20
16	15	–	Отримується штампуванням	15	25
17	12	20	Свердлування	12	6,3
18	8	2,5	Свердлування	12	6,3
			Зенкерування напівчисте	10	3,2
			Зенкерування чистове	8	2,5
19	9	2,5	Свердлування	12	6,3
			Зенкерування напівчисте	10	3,2
			Зенкерування чистове	8	2,5
20	12	20	Фрезерування однократне		

Інші поверхні одержують на заготовці штампуванням за 14 квалітетом точності.

Визначимо кількість методів обробки поверхонь за коефіцієнтом уточнення для операції токарної – обробки поверхні Ø30 f8 мм.

$$\text{Загальне уточнення } E_p = \frac{520}{21} = 24,8$$

$$\text{Тоді кількість переходів } n_p = \frac{\lg 24,8}{0,46} = 3,5$$

Прийmemo $n=4$. Різниця квалітетів заготовки та деталі: $14-8=6$, розкладаємо у порядку прогресивного зменшення розмірів $6=2+2+1+1$.

Таким чином після 1-го переходу: $14-2=12$ квалітет – точіння чорнове; після 2-го переходу: $12-2=10$ квалітет – точіння напівчисте; після 3-го переходу: $10-1=9$ квалітет -точіння чистове; після 4-го переходу: $9-1=8$ квалітет - точіння тонке.

2.5. Вибір та обґрунтування технологічних баз

При проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей значення має вибір технологічних баз як з позиції забезпечення заданої точності, так і з точки зору побудови раціонального маршруту обробки.

Після отримання баз на першій операції, оброблюють всі інші поверхні (основні конструкторські бази) в напрямку зменшення числа ступенів волі.

При використанні центрових отворів порушується принцип єдності технологічних баз з вимірювальними поверхнями, і, як наслідок, з'являється похибка базування. Однак, знаючи про це, ми передбачили обробку всіх взаємозв'язаних поверхонь за одну установку, щоб максимально зменшити вплив похибки на точність їх взаємного положення.

Як такі поверхні на першій операції можна використовувати торцеві та зовнішні циліндричні поверхні.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

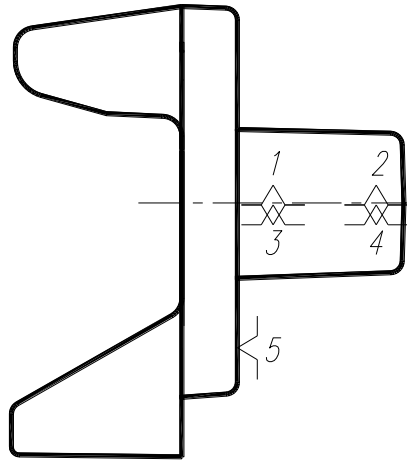


Рисунок 2.3 Варіант базування на базоутворюючій операції

Варіант базування заготовки на першій операції наведений на рисунку 2.3. В даному випадку бази – циліндрична поверхня заготовки під $\varnothing 30$ (4 ступеня волі), торець (1 ступінь волі). Затиск виконується рухомими самоцентруючими призмами.

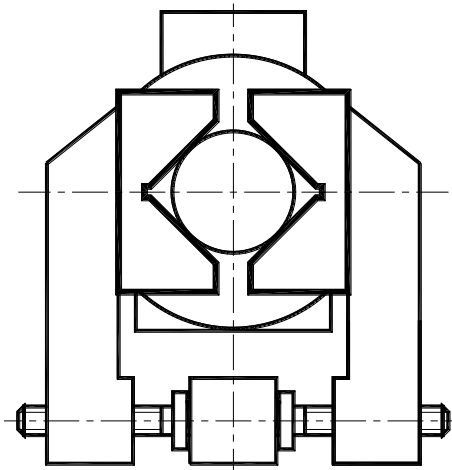


Рисунок 2.4 Схема затискання заготовки на першій операції

Цей варіант вважаю найбільш доцільним, тому що в цьому випадку майже відсутня похибка базування, так як використовується схема, зображена на рисунку 2.4. З рисунку зрозуміло, що призми рухаються в протилежних напрямках назустріч одна одній, тому це дає змогу “впіймати” вісь заготовки.

										Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ					

На подальших токарних операціях базування виконується в центрах. Схеми базування наведені на рис. 2.5.

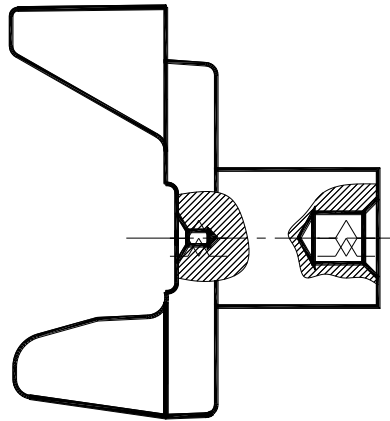


Рисунок 2.5 Схеми базування в центрах

Після токарної обробки буде сформовано бази, що дасть змогу використати принцип суміщення баз, і прийняти на фрезерних та свердловальних операціях схеми базування, яку зображено на рис. 2.6.

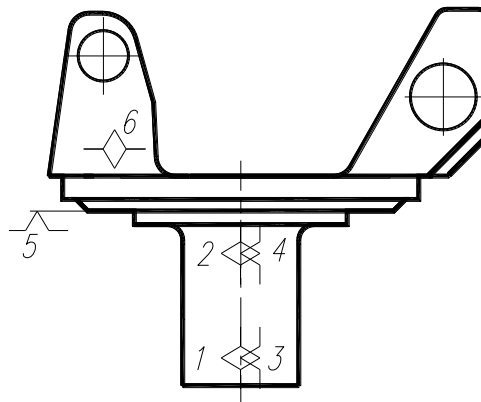


Рисунок 2.6 Схеми базування в патроні

Схеми базування, зображені на рис. 2.7, використовуємо для контурного фрезерування обох лап півосі. Необхідність в такій схемі виникає, тому що слід точно витримати розмір від вісі отвору.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

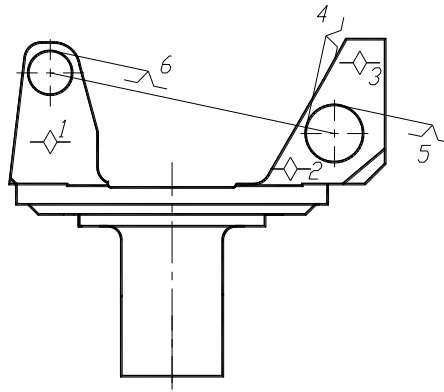


Рисунок 2.7 Схема базування на пальцях

Приймаємо на першій операції схему, зображену на рис. 2.3, тому що вона забезпечує рівномірність припуску під наступну обробку і найбільш жорстке закріплення.

Схема, зображена на рис. 2.6 для свердлувальних операцій є найбільш краща, тому що вона забезпечує найбільш повне і надійне базування, тверде закріплення і виконання всіх технічних умов, пропонованих до поверхонь, що обробляються на цій операції, а також ще і принцип суміщення технологічних та мірних баз.

2.6. Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу

2.6.1. Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

Проектування заготовки

Конструктивні параметри заготовки в значній мірі визначаються необхідними припусками на оброблювані поверхні, достатніми для формування заданої якості.

На значення припусків впливають: форма і розмір деталі, її матеріал, вид заготовки, точність розмірів і взаємне розташування поверхонь деталі, шорсткість поверхні деталі, технологічний маршрут її механічної обробки, термічна обробка деталі і тип виробництва.

Для зменшення припусків на механічну обробку необхідно розміри і форму заготовки наблизити до розмірів і форми готової деталі. Однак це не

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ					

завжди можливо, тому що розроблені методи одержання заготовок не дозволяють виготовляти заготовки досить складної форми.

Спрощення форми заготівель звичайно приводить до збільшення припусків на обробку. Зі збільшенням розмірів деталі одночасно зростає геометрична похибка форми та глибина дефектного шару поверхонь, що також приводить до збільшення припусків.

Матеріал деталі безпосередньо впливає на спосіб одержання заготівки і тим самим обумовлює точність і якість її поверхонь, складність форм і величину припусків.

Точність розмірів і шорсткість поверхні деталі обумовлює кількість операцій і переходів, на реалізацію яких повинні бути передбачені відповідні операційні припуски, тому з підвищенням вимог до точності і якості оброблених поверхонь збільшується загальний припуск на механічну обробку.

Технологічний маршрут визначається вимогами до точності і якості оброблюваних поверхонь і безпосередньо впливає на величину припусків.

Термічна обробка заготовок приводить до їхньої деформації і збільшення глибини дефектного шару. Тому для ліквідації цієї погрішності необхідно передбачити додатковий шар матеріалу, що знімається в процесі механічної обробки, тобто збільшити припуск.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути визначений по відповідних таблицях, ГОСТ або на основі розрахунково-аналітичного методу.

На поверхні $\varnothing 30f7$ та $68h11$ розрахунок припусків на механічну обробку проводимо розрахунково-аналітичним методом. На всі інші поверхні припуски призначаємо табличним методом.

Мінімальний припуск при послідовній обробці протилежних поверхонь (однобічний припуск) визначається за формулою:

$$Z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$$

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	

Мінімальний припуск при обробці циліндричних поверхонь визначається за формулою:

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (зневуглецьований або вибілений шар);

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні (відхилення паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетинання осей, позиційне) і в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності на попередньому переході);

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Визначаємо мінімальний припуск на розмір 68h11

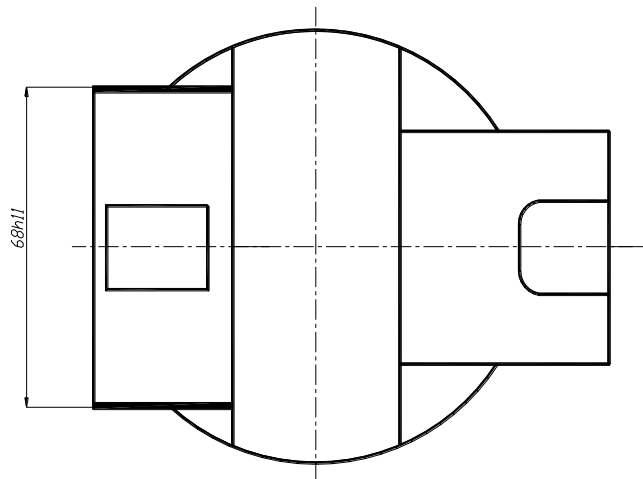


Рисунок 2.8 Ескіз поверхні 68h11

На чорнове фрезерування:

Для заготовки II класу точності (табл. 19 [18]).

$Rz = 32$ мкм, $h = 50$ мкм.

Сумарне значення просторового відхилення визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2},$$

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

Але $\Delta_{\text{см}}$ – значення зміщення штампів для цього розміру дорівнює 0, тому що він отримується в одні половині штампі, отже:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0^2 + 500^2} = 500 \text{ мкм};$$

Тепер за формулою 2.12 визначаємо $Z_{i \text{ min}}$:

$$Z_{i \text{ min}} = 32 + 50 + 500 = 582 \text{ мкм};$$

$\Delta_{\Sigma i}$ – визначаємо за формулою 2.15:

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм}.$$

На чистове фрезерование

Для заготівлі II класу точності (табл. 19 [18])

$$Rz = 10 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}.$$

$$Z_{i \text{ min}} = 10 + 15 + 30 + 500 = 555 \text{ мкм}$$

т.як технологічна і вимірювальна бази сполучені, то похибка базування в даному випадку $\varepsilon_i = 0$.

Мінімальний припуск на розмір 68h11 складає

$$Z_{\Sigma i \text{ min}} = 582 + 555 = 1137 \text{ мкм};$$

Приймаємо $Z_{\Sigma \text{ min}} = 1150 \text{ мкм}$.

Визначаємо максимальний припуск на розмір 68h11.

$$Z_{i \text{ max}} = Z_{i \text{ min}} + \delta_{i-1} - \delta_i,$$

де δ_{i-1} - відхилення розміру на попередньому переході;

δ_i - відхилення розміру на даному переході.

На чистове фрезерування:

$$Z_{\text{max}} = 555 + 300 - 190 = 665 \text{ мкм};$$

На чорнове фрезерування:

$$Z_{\text{max}} = 582 + 740 - 300 = 1022 \text{ мкм};$$

Максимальний припуск на розмір 68h11 складає:

$$Z_{\Sigma \text{ max}} = 665 + 1022 = 1687 \text{ мкм}, \text{ приймаємо } Z_{\Sigma \text{ max}} = 1700 \text{ мкм}.$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків по формулі

$$Z_{\Sigma \text{ max}} - Z_{\Sigma \text{ min}} = Td_{\text{исх.з}} - Td_{\text{д}},$$

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

де $Td_{исх.з}$ – допуски на вихідну заготовлю

Td_d – допуск на деталь

$$1700 - 1150 = 1400 - 850$$

Розрахунок максимумного та мінімального припуску проведений вірно.

Визначаємо мінімальний припуск на розмір $\varnothing 30_{-0.041}^{-0.02}$ (f8)

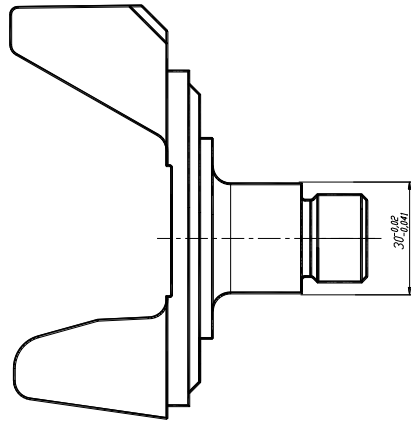


Рисунок 2.9 Ескіз поверхні $\varnothing 30f7$

Сумарне значення просторового відхилення визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2}$$

де $\Delta_{см}$ – значення зміщення штампів ($\Delta_{см} = 0,6$ мм, табл.15 [18]);

$\Delta_{кор}$ – короблення заготовлі ($\Delta_{кор} = 0,5$ мм, табл.12 [18]);

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{600^2 + 500^2} = 781 \text{ мкм};$$

Визначимо параметри обробки:

На чорнове розточування:

$$Rz = 100 \text{ мкм}, h = 100 \text{ мкм} \text{ (табл. 19 [18])}.$$

$$\Delta_{\Sigma i} = K \cdot \Delta_{\Sigma i-1}$$

де K – коефіцієнт, що визначається за (табл. 26 [6]),. отже

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,06 \cdot 781 = 47 \text{ мкм};$$

тоді т.як похобка установки заготовлі $\epsilon_i = 0$ отримаємо:

$$2Z_{\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{781^2 + 0^2}) = 1962 \text{ мкм};$$

На напівчистове розточування:

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

030Б-23.00.00.00.000 ПЗ

$Rz = 50 \text{ мкм}, h = 50 \text{ мкм}$ (табл. 19 [18]).

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{47^2 + 0^2}) = 294 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,05 \cdot 47 = 2,35 \text{ мкм}.$$

На чистове розточування:

$Rz = 25 \text{ мкм}, h = 25 \text{ мкм}$ (табл. 19 [18]);

$$2Z_{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{2,35^2 + 0^2}) = 102,35 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,04 \cdot 2,35 = 0,094 \text{ мкм}.$$

На тонке розточування:

$Rz = 5 \text{ мкм}, h = 5 \text{ мкм}$ (табл. 19 [18]);

$$2Z_{\min} = 2(5 + 5 + \sqrt{0,094^2 + 0^2}) = 20,1 \text{ мкм}.$$

Отже враховуючи попередні розрахунки сумарний мінімальний припуск складає:

$$2Z_{\Sigma \min} = 1962 + 294 + 102,4 + 20,1 = 2378,5 \text{ мкм},$$

Тому остаточно приймаємо $2Z_{\Sigma \min} = 2400 \text{ мкм}$.

Визначаємо максимальний припуск на на розмір $\varnothing 30_{-0,041}^{-0,02}$ (f8)

На чорнове розточування:

$$2Z_{\max} = 1962 + 520 - 210 = 2272 \text{ мкм};$$

На напівчисте розточування:

$$2Z_{\max} = 294 + 210 - 130 = 374 \text{ мкм};$$

На чистове розточування:

$$2Z_{\max} = 102,4 + 130 - 52 = 180,4 \text{ мкм};$$

На тонке розточування:

$$2Z_{\max} = 20,1 + 52 - 21 = 51,1 \text{ мкм};$$

Сумарний максимальний припуск дорівнює:

$$2Z_{\Sigma \max} = 2272 + 374 + 180,4 + 51,1 = 2877,5 \text{ мкм};$$

Остаточно приймаємо $2Z_{\Sigma \max} = 2900 \text{ мкм}$.

Перевіряємо правильність проведених розрахунків за формулою 2.17, отримаємо:

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$2900 - 2400 = 540 - 41.$$

Розрахунок максимумного та мінімального припуску проведений вірно.

Результати обчислень заносимо в табл. 2.4 та табл. 2.5.

Таблиця 2.4. - Припуски для фрезерування площини в р-р 68h11

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Zmin припуск мкм	Lmin розмір мм	T, мм	Zmax припуск мкм	Lmax розмір мкм
	Rz	h	Δ	ξ					
Заготовка	160	200	500	—	—	69,057	740	—	69,767
Чорнове	32	50	30	0	582	68,475	300	1022	68,747
Чистове	10	15	—	0	555	67,92	190	665	68,08

Таблиця 2.5. - Припуски для обробки поверхні $\varnothing 30_{-0,041}^{-0,02}$ (f8)

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Zmin припуск мкм	dmin розмір мм	T, мм	Zmax припуск мкм	dmax розмір мкм
	Rz	h	Δ	ξ					
Заготовка	160	200	781	—	—	32,338	520	—	32,858
Чорнове	100	100	47	0	1962	30,376	210	2272	30,586
Напівчисте	50	50	2,35	0	294	30,082	130	374	30,212
Чистове	25	25	0,09	0	102,4	29,979	52	180,4	30,031
Тонке	5	5	—	0	20,1	29,959	21	51,1	29,980

Таблиця 2.6. - Припуски для оброблюваних поверхонь

№ п/п	Номер поверхні	Відхилення	Припуск	Кінцевий розмір
1	$\varnothing 55 \pm 0,015$	$\pm 1,2$	1,6	$\varnothing 56,6 \pm 1,2$
2	$\varnothing 92h12$	$\pm 1,4$	2,6	$\varnothing 94,6 \pm 1,4$
3	$\varnothing 114$	$\pm 1,6$	1,6	$115,6 \pm 1,6$
4	$98 \pm 0,5$	$\pm 1,4$	2,6	$100,6 \pm 1,4$
5	3,5	$\pm 1,0$	1,9	$5,4 \pm 1,0$
6	$49,7_{-0,2}$	$\pm 1,2$	1,3	$51,1 \pm 1,2$
7	$18 \pm 0,35$	$\pm 1,0$	1,2	$19,2 \pm 1,0$
8	$8_{-0,2}$	$\pm 0,6$	1,3	$9,3 \pm 0,6$
9	$13,5 \pm 0,1$	$\pm 1,0$	1,8	$15,3 \pm 1,0$

Для інших поверхонь припуски можна не визначати, тому що вони виходять у суцільному металі. Припуски по кожному переході визначаємо за допомогою розподілу припуску.

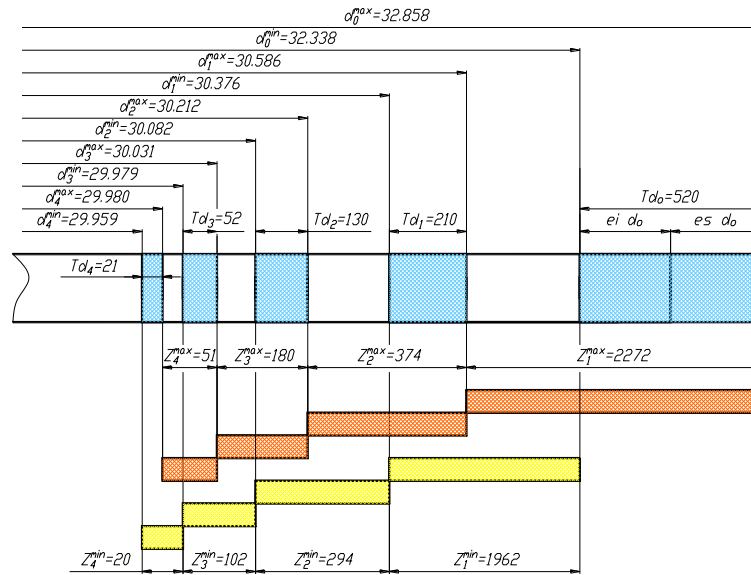


Рисунок 2.10 Схема розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 30_{-0.041}^{-0.02}$ (f8).

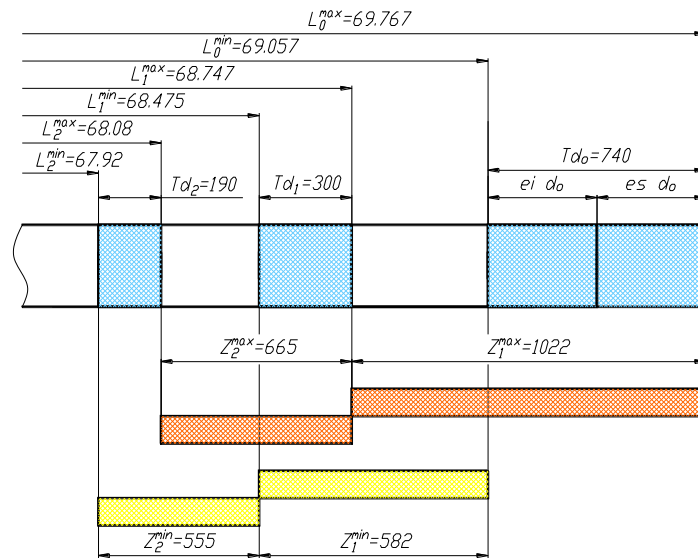


Рисунок 2.11 Схема розташування припусків та допусків на обробку площини 68

2.6.2. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання і оснащення

Згідно п. 2.6. послідовність обробки поверхні 68h11 – фрезерування чорнове, фрезерування остаточне. Послідовність обробки поверхні $\varnothing 30f7$

точіння чорнове, точіння напівчистове, точіння чистове, точіння тонке.

Розрахунок режимів різання на поверхню 68h11.

Вихідні дані:

Верстат: Фрезерний з ЧПК 6P11MФ3-1;

Фреза: Циліндрична фреза $\varnothing 60$, $Z = 8$; Твердий сплав.

Фрезерування чорнове

Як вже було згадано, ця поверхня обробляється фрезеруванням, отже будемо розглядати торцеву фрезу, як набір різців і подальші розрахунки будемо вести для різця.

1. Подача визначається з умови

$$[S] = \min \{ [S]_p; [S]_z \}$$

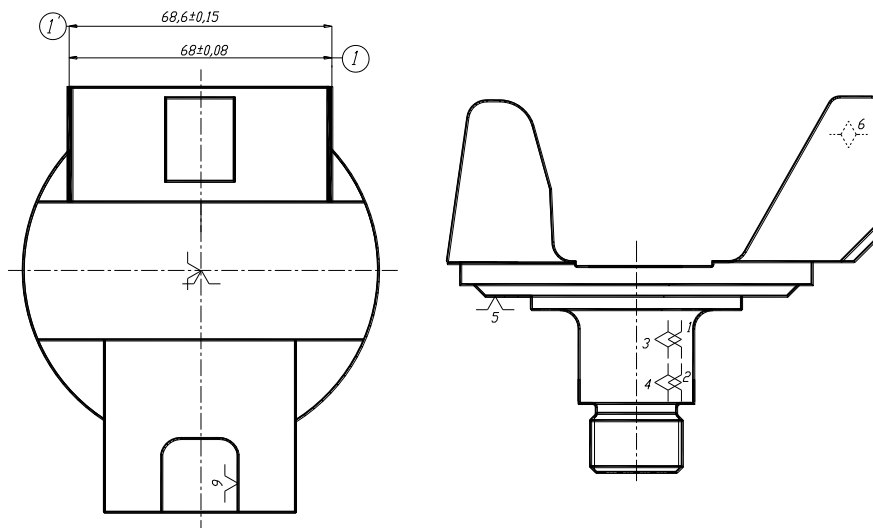


Рисунок 2.12 Обробка поверхні 68h11

$[S]_p$ розраховуємо за формулою

$$[S]_p = \left\{ \frac{[P_z]_{\min}}{(C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz})} \right\}^{\frac{1}{Y_{Pz}}}$$

де t - глибина різання, мм;

S - подача, мм/об;

V - швидкість різання, м/хв;

C_{Pz} - коефіцієнт пропорційності;

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$[Pz]_{\min} = \{ [Pz]_{\text{заг}}; [Pz]_{\text{жз}}; [Pz]_{\text{ПК}}; \} ,$$

де $[Pz]_{\text{заг}}$ – припустиме зусилля обробки по міцності заготівлі;

$[Pz]_{\text{жз}}$ – припустиме зусилля обробки по жорсткості заготівлі;

$[Pz]_{\text{ПК}}$ – припустиме зусилля обробки по міцності ріжучої пластини.

Заготівля є досить міцною та твердою, тому будемо проводити перевірку по міцності пластини різця.

$$[Pz]_{\text{ПК}} = 340 \cdot t^{0,47} \cdot C^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ / \sin \varphi)^{0,8}$$

де t - глибина різання, мм;

C - товщина пластини;

φ - головний кут у плані;

$\varphi = 45^\circ$; $t = 1,022$ мм; $C = 6$ мм, отже отримаємо

$$[Pz]_{\text{ПК}} = 340 \cdot 1,022^{0,47} \cdot 6^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ / \sin 45^\circ)^{0,8} = 4477,8 \text{ Н};$$

Приймаємо $V = 100$ м/хв; $C_{Pz} = 3000$; $X_{Pz} = 1,0$; $n_{Pz} = -0,15$; $Y_{Pz} = 0,75$.

Коефіцієнт K_{Pz} визначається за формулою

$$K_{Pz} = K_{Mr} \cdot K_{\varphi r} \cdot K_{\gamma r} \cdot K_{\lambda r} \cdot K_{r r} ,$$

Де K_{Mr} – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблююмого матеріалу;

$K_{\varphi r}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані φ ;

$K_{\gamma r}$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута γ ;

$K_{\lambda r}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу λ ;

$K_{r r}$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу r_r вершини різця;

Коефіцієнт K_{Mr} визначається для сталі за формулою:

$$K_{Mr} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_{Pz}}$$

Для матеріалу Сталь 45 $n_{Pz} = 0,75$, отже отримаємо:

$$K_{Mr} = \left(\frac{598}{750} \right)^{0,75} = 0,84 .$$

$K_{\varphi r} = 1,08$; $K_{\gamma r} = 1,25$; $K_{\lambda r} = 1$; $K_{r r} = 1,0$ (табл. 12 [26]), тоді

									030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$K_{Pz} = 0,84 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,13.$$

Визначимо подачу:

$$[S]_P = \left\{ \frac{4477,8}{(3000 \cdot 1,022^{1,0} \cdot 60^{-0,15} \cdot 1,13)} \right\}^{\frac{1}{0,75}} = 3,64 \text{ мм/об};$$

Визначаємо подачу $[S]_Z$ згідно з табл. 33 [6]. $[S]_Z = 0,15 \dots 0,25$ мм/об.

Приймаємо $[S]_Z = 0,2$ мм/об. Виходячи з умови 2.21 призначаємо $[S] = 0,2$ мм/об.

2. Визначаємо швидкість різання за формулою

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v,$$

де K_v – поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

Для Сталі 45 $n_v = 1,0$ отже

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{598} \right)^1 = 1,25, \text{ тепер маємо змогу обчислити } K_v:$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625,$$

$C_v = 332$; $q = 0,2$; $x_v = 0,1$; $y_v = 0,4$; $u_v = 0,2$; $p_v = 0$; $m = 0,2$; $z = 8$;

$T = 180$; $t = 1,022$ мм; $B = 42$; $D = 60$; $K_{Mv} = 1,25$; $K_{nv} = 0,5$; $K_{uv} = 1,0$;

(табл. 39 [6]), отже отримаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,022^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 42^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,625 = 136,7 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості:

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

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

$$n = \frac{1000 \cdot 136,7}{3,14 \cdot 150} = 290 \text{ об/хв};$$

Довжину робочого ходу $L_{РХ}$ визначимо за формулою:

$$L_{РХ} = L + L_{вр} + L_{пер} + L_{різ}$$

де $L_{різ}$ – довжина обробки;

$L_{вр}$ – довжина врізання;

$L_{пер}$ – довжина перебігу, відповідно

$$L = 24 \text{ мм}; L_{вр} + L_{пер} = 105 \text{ мм}; L_{РХ} = 130 \text{ мм}.$$

5. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{хв} = S_z \cdot Z \cdot n$$

де S_z - подача на зуб;

z - число зубів;

n - частота обертання ;

$$S_M = 0,2 \cdot 8 \cdot 290 = 464 \text{ мм/хв},$$

Фрезерування остаточне

Визначаємо подачу виходячи з необхідності отримати задану шорсткість поверхні.

Визначаємо подачу $[S]_z$ згідно з табл. 3 [6].

$$[S]_z = 0,2 \dots 0,3 \text{ мм/об. Приймаємо } [S]_z = 0,2 \text{ мм/об.}$$

2. Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

де $C_v = 332$; $q = 0,2$; $x_v = 0,1$; $y_v = 0,4$; $u_v = 0,2$; $p_v = 0$; $m = 0,2$; $z = 8$;

$T = 180$; $t = 0,665 \text{ мм}$; $B = 42$; $D = 60$; $K_{Mv} = 1,25$; $K_{nv} = 0,5$; $K_{uv} = 1,0$;

$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625$; (табл. 39 [6]).

Отже маємо можливість отримати швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 0,665^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 42^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,625 = 165,2 \text{ м/хв}.$$

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Визначаємо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості за формулою :

$$n = \frac{1000 \cdot 165,2}{3,14 \cdot 60} = 350 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_M = 0,2 \cdot 8 \cdot 350 = 560 \text{ мм/хв,}$$

Результати обчислень зводимо в табл. 2.7.

Розрахунок режимів різання на поверхню $\varnothing 30f7$

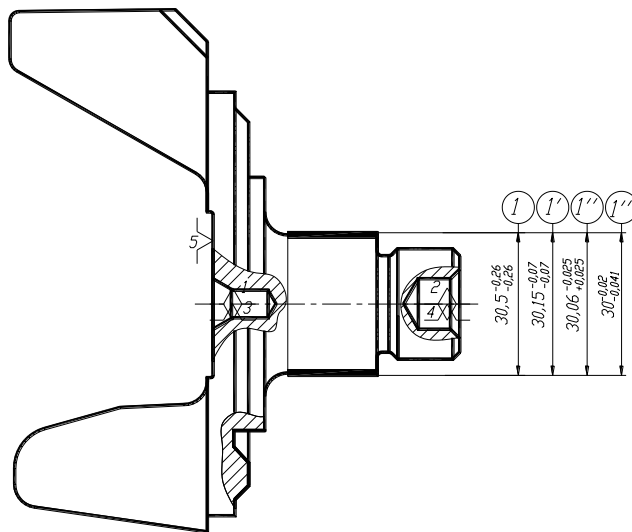


Рисунок 2.13 Обробка поверхні $\varnothing 30f7$

Точіння попереднє

Проведемо перевірку по міцності пластини різця за формулою

$$[Pz]_{PK} = 340 \cdot 0,67^{0,47} \cdot 6^{1,35} \cdot (\sin 60^\circ / \sin 45^\circ)^{0,8} = 3435,89 \text{ Н;}$$

Приймаємо $V = 100 \text{ м/хв}$; $C_{Pz} = 3000$; $X_{Pz} = 1,0$; $n_{Pz} = -0,15$; $Y_{Pz} = 0,75$;

Визначаємо подачу:

$$[S]_P = \left\{ \frac{3435,89}{(3000 \cdot 0,67^{1,0} \cdot 100^{-0,15} \cdot 1,23)} \right\}^{\frac{1}{0,75}} = 3,89 \text{ мм/об;}$$

Визначаємо подачу $[S]_Z$ згідно з табл. 11 [6]

$[S] = 0,25 \dots 0,40 \text{ мм/об}$. Приймаємо $[S] = 0,25 \text{ мм/об}$.

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ					

Виходячи з умови 2.1 призначаємо $[S] = 0,25$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

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

де K_v – поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

Коефіцієнт K_{Mv} обчислимо за формулою 2.22, і отримаємо:

$$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625;$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20; T = 60; t = 2,2; \text{ (табл. 17 [6]).}$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 0,625 = 166,4 \text{ м/хв};$$

Визначимо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості різання за формулою :

$$n = \frac{1000 \cdot 166,4}{3,14 \cdot 30} = 1766,3 \text{ хв}^{-1};$$

Довжину робочого ходу L_{PX} визначимо за формулою:

$$L_{PX} = 20 + 3 + 2 = 25 \text{ мм};$$

Хвилинна подачу за формулою:

$$S_{xv} = S \cdot n$$

де n – частота обертання;

S – подача на оберт;

$$\text{Отже отримаємо } S_{xv} = 0,25 \cdot 1766,3 = 441,6 \text{ мм/хв.}$$

Точіння напівчисте

Визначаємо подачу виходячи із шорсткості, аналогічно чорновому розточуванню.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Коефіцієнт K_{Mv} обчислимо за формулою 2.22, і отримаємо:

$$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625;$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20; T = 60; t = 0,374 \text{ мм}; (\text{табл. 17 [6]}).$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,374^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 0,625 = 199,5 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості різання за :

$$n = \frac{1000 \cdot 199,5}{3,14 \cdot 30} = 2117,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Точіння чистове

Визначаємо подачу виходячи із шорсткості, аналогічно чорновому розточуванню. Згідно з табл.14 [6] приймаємо $S = 0,14 \text{ мм/об}$.

Коефіцієнт K_{Mv} обчислимо , і отримаємо:

$$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625;$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20; T = 60; t = 0,18 \text{ мм}; (\text{табл. 17 [6]}).$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,18^{0,15} \cdot 0,14^{0,35}} \cdot 0,625 = 271,1 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості різання за :

$$n = \frac{1000 \cdot 271,1}{3,14 \cdot 30} = 2878,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Точіння тонке

Визначаємо подачу виходячи із шорсткості, аналогічно чорновому розточуванню. Згідно з табл.14 [6] приймаємо $S = 0,07 \text{ мм/об}$.

Коефіцієнт K_{Mv} обчислимо, і отримаємо:

$$K_v = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,625;$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20; T = 60; t = 0,05 \text{ мм}; (\text{табл.17 [6]}).$$

Швидкість різання:

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,051^{0,15} \cdot 0,07^{0,35}} \cdot 0,625 = 383,4 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, що відповідає дані швидкості різання за :

$$n = \frac{1000 \cdot 383,4}{3,14 \cdot 30} = 3070,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Результати всіх обчислень зводимо в табл. 2.7 та 2.8.

Таблиця 2.7. - Режими різання (розрахунково – аналітичний метод) для поверхні 68h11

Найменування переходу	Режими різання		
	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв ⁻¹
Чорнове фрезерування	0,2	136,7	290
Чистове фрезерування	0,2	165,2	350

Таблиця 2.8. - Режими різання (розрахунково – аналітичний метод) для поверхні Ø30f7.

Найменування переходу	Режими різання		
	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв ⁻¹
Чорнове точіння	0,25	166,4	1766,3
Напівчисте точіння	0,25	199,5	2117,5
Чистове точіння	0,14	271,1	2878,5
Тонке точіння	0,07	383,4	3070,4

Таблиця 2.9. - Режими різання (табличний метод)

№ п/ п	Назва переходу	Режими різання			
		S, мм/об	S _м , мм/хв	V, м/хв	N, хв ⁻¹
		0,25	231,62	160	926,46
	Точіння напівчисте	0,2	220,03	190	1100,2
	Точіння чистове	0,14	218,88	270	1563,4
	Точіння тонке	0,07	154,02	380	2200,3
11	Фрезерування попереднє	0,25	69,00	130	276,01
	Фрезерування остаточне	0,12	40,76	160	339,7

Продовження таблиці 2.9

14	Фрезерування попереднє	0,25	69,00	130	276,01
	Фрезерування остаточне	0,12	40,76	160	339,7
18	Свердлування	0,17	47,77	15	281
	Зенкерування попереднє	0,5	93,67	10	187,34
	Зенкерування попереднє	0,75	84,30	6	112,4
	Зенкування	0,5	93,67	10	187,34
19	Свердлування	0,17	67,68	15	398,09
	Зенкерування попереднє	0,5	132,70	10	265,39
	Зенкерування попереднє	0,75	119,43	6	159,24
	Зенкування	0,5	132,70	10	265,39
4	Свердлування	0,12	52,11	15	434,28
17	Свердлування	0,12	114,65	15	955,41
12	Фрезерування однократне	0,2	63,69	100	318,47
15	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
13	Фрезерування однократне	0,2	47,77	75	238,85
3	Точіння однократне	0,2	103,99	160	519,95
6	Точіння однократне	0,2	89,40	160	446,98
8	Точіння однократне	0,2	185,29	160	926,46
	Точіння однократне	0,2	424,63	160	2123,1
5	Різенарізання	1,5	119,43	6	79,618
7	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
20	Фрезерування однократне	0,2	50,96	80	254,78
21	Точіння чорнове	0,25	163,32	160	653,27
	Точіння напівчисте	0,2	155,15	190	775,76
	Точіння чистове	0,14	154,34	270	1102,4
	Точіння тонке	0,07	108,61	380	1551,5

Таблиця 2.10. – Вибір обладнання та оснащення

№ оп.	Назва операції	Обладнання	Оснащення
005	Багатоцільова з ЧПК	2254ВМФ4	УСП
010	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	УСП
015	Фрезерна з ЧПК	6Р11МФ3-1	УСП
020	Свердлувальна з ЧПК	2Р135Ф2-1	УСП
025	Фрезерна з ЧПК	6Р11МФ3-1	ССП
030	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	УСП

2.6.3. Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва

Для визначення трудомісткості виготовлення певної деталі потрібно розрахувати норми часу для виконання кожної операції технологічного процесу.

При серійному виробництві визначають норму штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} ,$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час, хв;

n – кількість деталей в налагоджувальній партії, шт;

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{опот} ,$$

де T_0 – основний час, хв;

T_B – допоміжний час, хв;

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{опот}$ – час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв.

Таблиця 2.11. - Зведена таблиця основного часу

№ п/п	Назва операції	T_0
005	Багатоцільова з ЧПК	4,61
010	Токарна з ЧПК	0,83
015	Фрезерна з ЧПК	1,86
020	Свердлувальна з ЧПК	5,72
025	Фрезерна з ЧПК	0,98
030	Токарна з ЧПК	0,23

Допоміжний час враховує дії робітника, що забезпечують безпосереднє виконання технологічної роботи та складається:

$$T_B = (T_{УС} + T_{ЗО} + T_{УПР} + T_{ВИМ}) \cdot K$$

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Час на обслуговування робочого місця складається з:

$$T_{\text{ОБ}} = T_{\text{ТЕХ}} + T_{\text{ОРГ}}$$

де $T_{\text{ТЕХ}}$ – на технічне обслуговування робочого місця;

$T_{\text{ОРГ}}$ – час на організацію обслуговування робочого місця.

Час на технічне обслуговування робочого місця в свою чергу складається з:

$$T_{\text{ТЕХ}} = T_{\text{СМИ}} + T_{\text{СМД}}$$

де $T_{\text{СМИ}}$ – час на зміну інструмента; $T_{\text{СМД}}$ – час на зміну деталі.

Час на організацію обслуговування робочого місця $T_{\text{ОРГ}}$ складає 6% від операційного часу $T_{\text{ОП}}$. А операційний час складається з:

$$T_{\text{ОП}} = T_{\text{О}} + T_{\text{В}}$$

Час на відпочинок і особисті потреби складає 8% від $T_{\text{ОП}}$.

Переходимо до розрахунку $T_{\text{Ш-К}}$ по кожній операції і результати обчислень зведемо в табл. 2.12.

Таблиця 2.12. - Нормування технологічних операцій

№ п/п	Назва операції	$T_{\text{О}}$	$T_{\text{В}}$			$T_{\text{ОП}}$	$T_{\text{ОБ}}$	$T_{\text{ОР}}$	$T_{\text{ШТ}}$	$T_{\text{П-З}}$	$T_{\text{Ш-К}}$
			$T_{\text{УС}} + T_{\text{ЗО}}$	$T_{\text{УПР}}$	$T_{\text{ИЗМ}}$						
005	Багатоцільова з ЧПК	4,61	0,15	0,14	0,30	5,20	0,36	0,42	5,98	19,5	6,17
010	Токарна з ЧПК	0,83	0,30	0,20	1,80	3,13	0,22	0,25	3,6	19,5	3,79
015	Фрезерна з ЧПК	1,86	0,19	0,10	0,35	2,50	0,18	0,20	2,88	19,5	2,88
020	Свердлувальна з ЧПК	5,72	0,34	0,24	0,60	6,90	0,48	0,55	7,94	19,5	8,13
025	Фрезерна з ЧПК	0,98	0,15	0,14	0,30	1,57	0,11	0,13	1,81	19,5	1,81
030	Токарна з ЧПК	0,23	0,15	0,14	0,90	1,42	0,10	0,11	1,63	19,5	1,64
	Всього	14,23									24,41

На основі встановленої технічної норми часу уточнюємо тип виробництва за формулами п.1.1. Результати розрахунків представляємо у таблиці 2.12.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						48

Таблиця 2.12. – Результати розрахунків

№ опер.	Назва операції	T _{шт-к,} хв	m _{р,} шт	m _{пр,} шт	η _ф	O
005	Багатоцільова з ЧПК	6,17	0,15	1	0,15	5,3
010	Токарна з ЧПК	3,79	0,1	1	0,1	8,0
015	Фрезерна з ЧПК	2,88	0,1	1	0,1	8,0
020	Свердлувальна з ЧПК	8,13	0,21	1	0,21	3,8
025	Фрезерна з ЧПК	1,81	0,05	1	0,05	16,0
030	Токарна з ЧПК	1,64	0,04	1	0,04	20,0
	Всього	24,41		6		61,1

Тоді $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{61,1}{6} = 10,2$ - тип виробництва середньосерійний.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розробка розрахункової схеми пристосування

Виконання проектування являє собою розрахунок затискних пристроїв, верстатних пристосувань, схема яких може бути представлена в наступному вигляді (рис. 3.1):



Рисунок 3.1 Схема верстатного пристосування,

де: Q – необхідна сила затиску; W – вихідна сила, що розвивається приводом; $СМ$ – силовий механізм пристосування (важіль, клин і т.д.); $П$ – привод; $ЗУ$ – затискний пристрій;

Приступаємо до проектування пристосування. Виходячи з теоретичної схеми базування: тип установочних елементів: по торцю – установочні пальці, по зовнішній циліндричній поверхні – призми паз – сферичний палець; призми розташовуються в вертикальній площині.

Похибка базування ϵ_6 дорівнює нулю при базуванні заготовки в призми.

Тип пристосування – одномісне, одно позиційне.

Отже на перші операції використовуємо самоцентруючий пристрій схема якого зображена на рис. 3.2.

Така схема дозволяє “впіймати” вісь заготовки, що дасть нам змогу уникнути похибки базування. Це особливо важливо тому, що на цій операції утворюються допоміжні технологічні бази – центрові отвори.

Розглянемо як діють сили затискання на заготовану в нашому випадку, схема сил наведена на рис. 3.3.

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

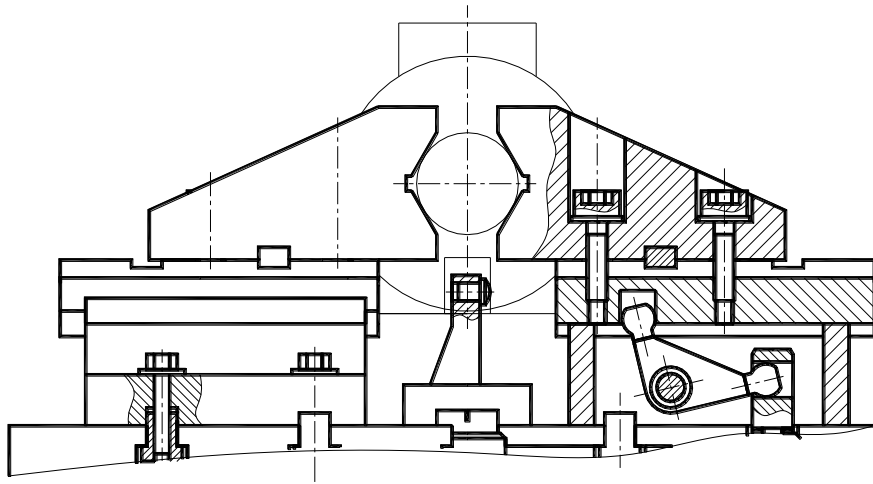


Рисунок 3.2 Схема пристосування для операції 005

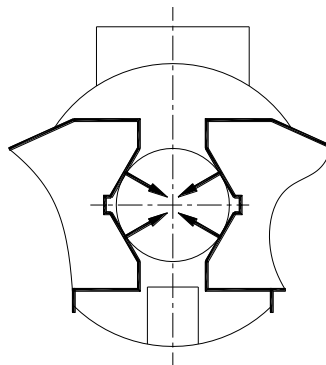


Рисунок 3.3 Схема дії сил затискання на заготовку

Для визначення рівноваги сил, розглянемо заготовку, та запишемо рівняння. Заготовку зображено на рис. 3.4.

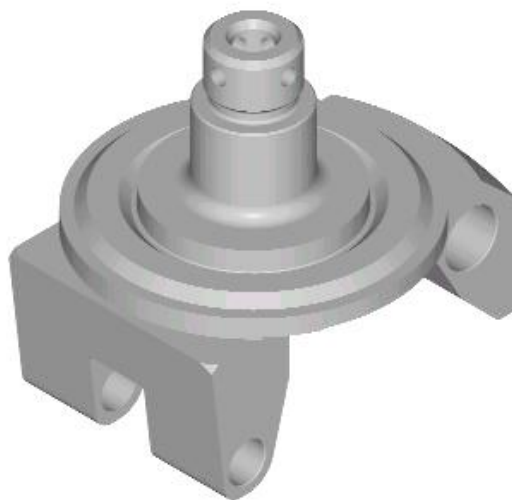


Рисунок 3.4 Заготовка

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

Виходячи з схеми базування, значення та місця прикладення сили різання, визначаємо місця прикладення сили затиску.

З урахуванням отриманої схеми дії сил на заготовку визначаємо необхідну силу затиску.

Визначаємо сили різання та крутні моменти, що діють на заготовану.

сила різання при фрезеруванні:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_r \quad (3.2)$$

$K_{Mp} = 1.0$, $K_{\varphi p} = 1.0$, $K_{\lambda p} = 1.0$, $K_{\gamma p} = 1.0$, $K_r = 1.0$ [6];

$C_p = 3000$, $x = 1.0$, $y = 0.75$, $n = -0.15$ (т.22 [6])

$$P_z = 10 \cdot 3000 \cdot 1.5^{1.0} \cdot 0.2^{0.75} \cdot 75^0 \cdot 1.0 = 7042 \text{ Н.}$$

Відповідно до табл. 40 [6] співвідношення сил різання наступне:

$$P_x = (0,50 \dots 0,55) P_z;$$

$$P_y = (0,85 \dots 0,95) P_z;$$

$$P_h = (0,3 \dots 0,4) P_z;$$

Отже складові сили різання будуть наступні:

$$P_x = (0,50 \dots 0,55) P_z = 0,5 \cdot 7042 = 3521 \text{ Н.};$$

$$P_y = (0,85 \dots 0,95) P_z = 0,9 \cdot 7042 = 6337,8 \text{ Н.};$$

$$P_z = (0,3 \dots 0,4) P_z = 0,3 \cdot 7042 = 2112,6 \text{ Н.};$$

момент різання при чорновому фрезеруванні площини $M_{\text{різ}} = 422 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

коефіцієнти тертя $f_1 = 0.15$, $f_2 = 0.15$;

коефіцієнти запасу $k = 3$;

Рівняння рівноваги заготовки для найбільш небезпечного випадку (фрезерування) тому що момент сил в цьому випадку буде максимальним:

$$\sum M_o = 0, \quad (3.3)$$

$$k \cdot M_{\text{рез}} = (2F_{mp1} + 2F_{mp2}) \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.4)$$

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			52

сила затиску, необхідна для утримання заготовки в рівновазі:

$$\kappa \cdot M_{\text{прз}} = (2N \cdot f_1 + 2N \cdot f_2) \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.5)$$

$$\kappa \cdot M_{\text{прз}} = \left[2 \frac{Q}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} f_1 + 2 \frac{Q}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} f_2 \right] \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.6)$$

$$Q = 2\kappa \cdot \frac{M_{\text{прз}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{D(f_1 + f_2)} \quad (3.7)$$

$$Q = 2 \cdot 3 \cdot \frac{422 \cdot \sin 90^\circ / 2}{30 \cdot (0,15 + 0,15)} = 19893,2 \text{ Н.}$$

Розрахунок сили **W**, що розвиває привод:

схема сил, що діють на силовий механізм на рис.3.6;

Розглянемо сили, що діють на важіль рис. 3.5

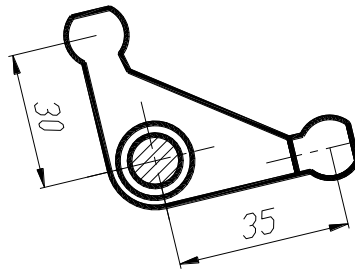


Рисунок 3.5 Схема сил, що діють на важіль

Розглянемо рівновагу відносно осі Z рис. 3.6.

$$Q_1 = 35/30 Q_2 = 7/6 Q_2, \text{ тому що } L_1 = 30, \text{ а } L_2 = 35$$

Остаточно визначимо необхідну силу для затискування заготівлі:

$$X = 19893,2 / 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,16 = 19204 \text{ Н.}$$

Обираємо стандартну пневмоплиту УСП з діаметром поршня 320 мм.

При тиску в мережі 0,4Мпа, вона розвиває зусилля 30 кН, чого цілком достатньо для нашого випадку.

Друга та третя операція виконуються в центрах, спеціальних пристосувань для цих операцій не розроблялось.

Четверта операція – фрезерування бічних граней. Схема пристосування наведена на рис. 3.6.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			53

В даному випадку базування відбувається завдяки призмі, а затиск виконується затискним елементом. Схема сил, що діють на заготовану зображено на рис. 3.7.

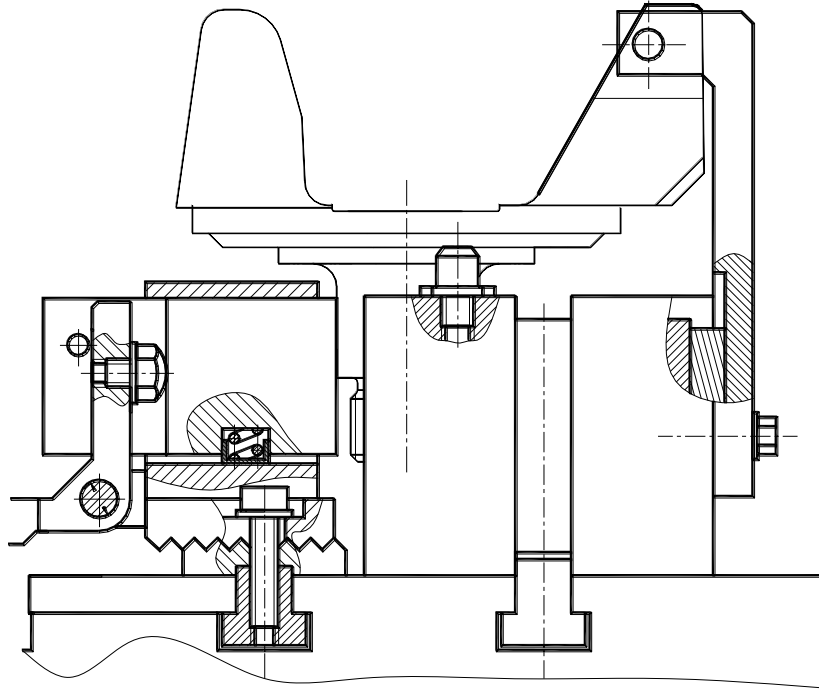


Рисунок 3.6 Ескіз пристосування для операції 020

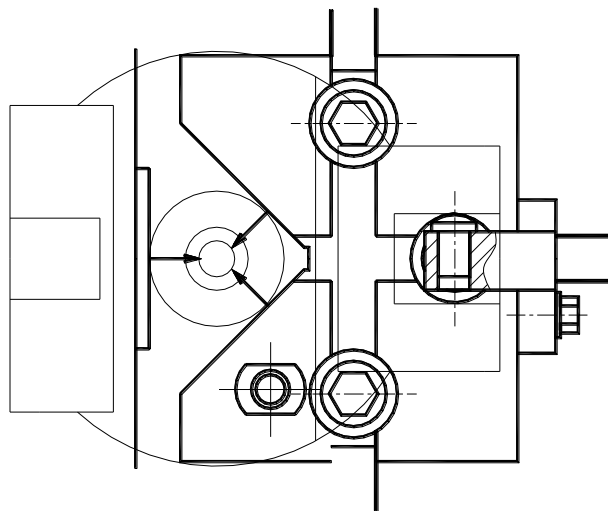


Рисунок 3.7 Схема сил (операція 040)

Умова рівноваги таж сама, що і для операції 005.

Отже розглянемо сили, що діють на важіль в даному випадку, дивись рис. 3.8.

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

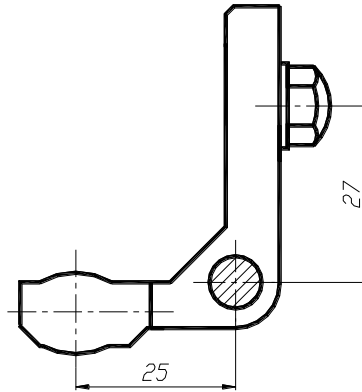


Рисунок 3.8 Схема сил, що діють на важіль

Аналогічно до операції 005 розглянемо рівновагу відносно вісі Z рис.

3.8.

$$Q_1 = 25/27, \text{ тому що } L_1 = 25, \text{ а } L_2 = 27.$$

В цьому пристосуванні використана стандартна гідравлічна плита з діаметром поршня 60 мм. При тиску в системі 9,8 Мпа поршень розвиває зусилля при ході вверх 29,5 кН, при ході вниз – 25,5 кН.

Сила різання в цьому випадку складає:

$$P_z = 10 \cdot 3000 \cdot 1.02^{1.0} \cdot 0.2^{0.75} \cdot 136^0 \cdot 1.0 = 4788 \text{ Н}.$$

В найбільш небезпечному випадку вона утворює момент $M_{\text{різ}} = 318 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$$\sum M_o = 0, \quad (3.8)$$

$$\kappa \cdot M_{\text{рез}} = 2F_{\text{мп1}} \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.9)$$

сила затиску, необхідна для утримання заготовки в рівновазі:

$$\kappa \cdot M_{\text{рез}} = 2N \cdot f_1 \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.10)$$

$$\kappa \cdot M_{\text{рез}} = \left[2 \frac{Q}{2 \sin \alpha/2} f_1 \right] \cdot \frac{D_{\text{заг}}}{2} \quad (3.11)$$

$$Q = 2\kappa \cdot \frac{M_{\text{рез}} \cdot \sin \alpha/2}{Df_1} \quad (3.12)$$

$$Q = 2 \cdot 3 \cdot \frac{318 \cdot \sin 90^\circ/2}{30 \cdot 0.15} = 2998.1 \text{ Н}.$$

Остаточню визначимо необхідну силу для затискання заготовлі:

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

$$X = 2998,1 \cdot 25 / 0,95 \cdot 0,98 \cdot 27 = 2981 \text{ Н.}$$

Аналогічну схему застосовую і для операції 025, ескіз пристосування наведений на рис. 3.9.

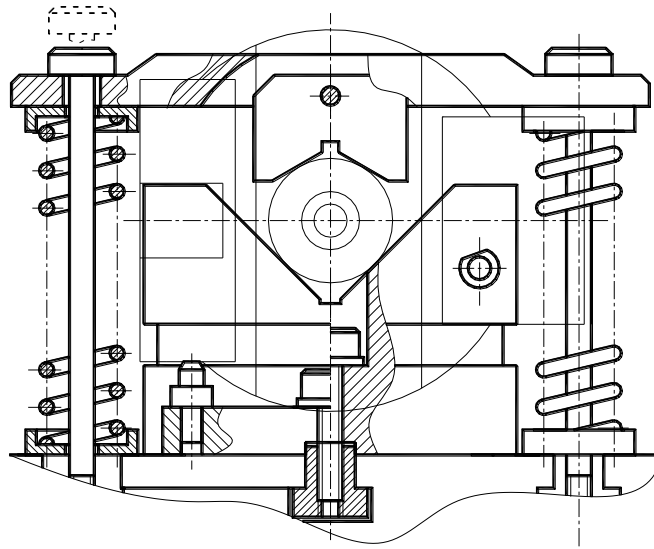


Рисунок 3.9 Ескіз пристосування для операції 025

В цьому пристосуванні використовуємо таку ж саму гідро плиту, як і в попередньому, отже максимальна сила, яку розвиває привод складає в цьому випадку 25,5 кН.

Сила різання направлена вздовж вісі інструменту (свердло, зенкер, зенка), тому максимальний момент утворюється при свердлуванні отвору діаметром 17 мм. Дивись рис. 3.11.

Сила різання складає:

$$P_o = C_p \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.13)$$

$$C_p = 680; Z_p = 1.0; Y_p = 0.7; K_p = 0,1. \text{ табл. 3.1 [26]}$$

$$\text{Отже, } P_o = 680 \cdot 16.5^{1.0} \cdot 0.17^{0.7} \cdot 1.0 = 3245.7 \text{ Н}$$

Тому одразу визначимо необхідну силу затискання:

$$X = 3560 \cdot 25 / 0,95 \cdot 0,98 \cdot 27 = 3684 \text{ Н.}$$

Момент що утворює ця сила складає 184Н, тому

$$Q = 2 \cdot 3 \cdot \frac{184 \cdot \sin^{90^\circ/2}}{30 \cdot 0.15} = 1734.7 \text{ Н.}$$

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			56

Цілком зрозуміло, що сила, яку розвиває привод достатня для затиску заготовки, тому розрахунок проводити недоцільно.

На операції 030 базування відбувається по двом пальцям та площині, що перпендикулярна осям отворів дивись рис. 3.10

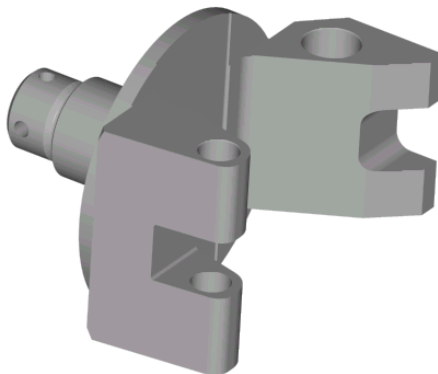


Рисунок 3.10 Сили що діють при свердлінні

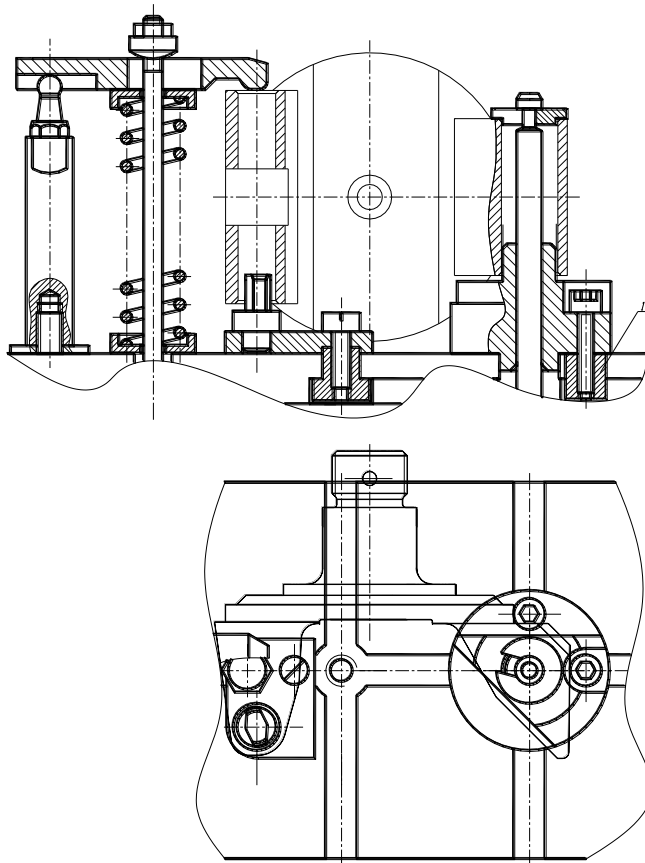


Рисунок 3.11 Ескіз пристосування для операції 035

Сила різання має напрямок паралельний площині притискання, тому заготована повинна триматися тільки завдяки силам тертя, що виникають між безпосередньо заготованою та опорними елементами.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

Найбільш небезпечний випадок – фрезерування по площині, момент в цьому випадку максимальний. Але використання двох гідро циліндрів для затиску заготовки створює силу затискання, яка значно перевищує сили різання, тому недоцільно проводити розрахунок, можна впевнено сказати, що заготовка закріплена надійно.

Операція 040 виконується з допомогою накладного кондуктора, що накручується безпосередньо на деталь, тому розрахунок пристосування для операції 040 проводити не будемо.

Операція 045 – тонке точіння проводиться аналогічно операціям 010 та 015 в центрах.

Висновок: В результаті розробки розрахункової схеми були визначені мінімальні сили, необхідні для надійного затискання заготовок для всіх операцій. Коефіцієнт запасу дорівнює 3.

3.2. Точнісний та силовий розрахунок пристосування

В загальному випадку:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_{з.о.}^2} + \varepsilon_{з.и.} + \varepsilon_{и} + \varepsilon_{у.с} + \varepsilon_c \quad (3.14)$$

Постійні систематичні похибки ε_y та ε_c можна повністю виключити відповідним налаштуванням верстата .

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_{з.о.}^2} + \varepsilon_{з.и.} + \varepsilon_{и} \quad (3.15)$$

Похибки $\varepsilon_{и}$ та $\varepsilon_{з.и.}$, що залежать від зносу установочних елементів , можна регулювати відповідним підналаштуванням інструменту, відповідно отримаємо:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_{з.о.}^2} \quad (3.16)$$

Похибка базування в даному випадку дорівнює нулю, т.як технологічна та вимірювальна бази суміщені. Похибка закріплення буде мати місце, але тому, що деталь оброблюється на верстаті з ЧПК, її вплив буде мінімальним.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			58

Похибка базування на операції 005 практично дорівнює нулю, тому що використовується схема з самоцентруючими призмами рис. 3.12.

Така схема дозволяє уникнути похибки базування, тому що в даному видку повністю виключається вплив допуску розмірів заготовки на базування.

Операції 010 та 015 виконуються в центрах, тому похибка базування теоретично буде мати місце, але тому що центрові отвори отримують в заготовані за один установ на одному багатоцільовому верстаті з ЧПК, ми майже виключаємо вплив похибки базування на цих операціях

Отже можна з певною впевненістю сказати, що похибка базування на операціях 010 та 015 дорівнює нулю.

На операції 020 Фрезерування, базування відбувається в призмі (рис. 4.12). Відомо, що при базуванні в призмі завжди існує похибка базування, але в нашому випадку, база оброблена, а похибка базування зовсім не впливає на точність отримання розмірів на ці операції, тому що похибка буде в площині, перпендикулярній до площини розміру.

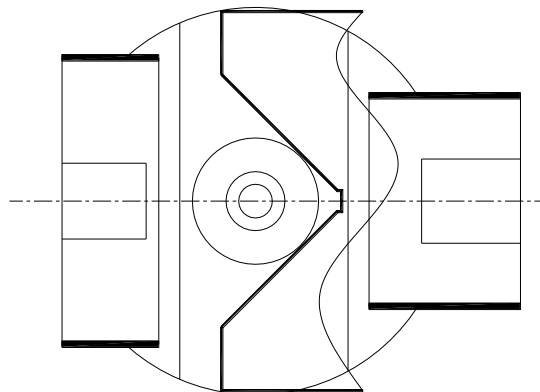


Рисунок 3.12 Базування на операції 020

Аналогічно і у випадку з операцією 025 дивись рис. 3.13.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

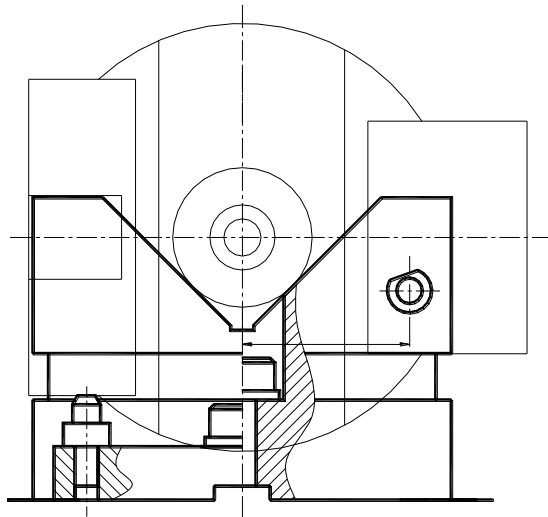


Рисунок 3.13 Базування на операції 025

На операції 030 базування відбувається за допомогою циліндричного та конічного пальця, а також по площині, що перпендикулярна до вісі цих отворів.

Похибка базування в цьому випадку існує та впливає на отримання розміру $13,5 \pm 0,1$, дивись рис.3.14.

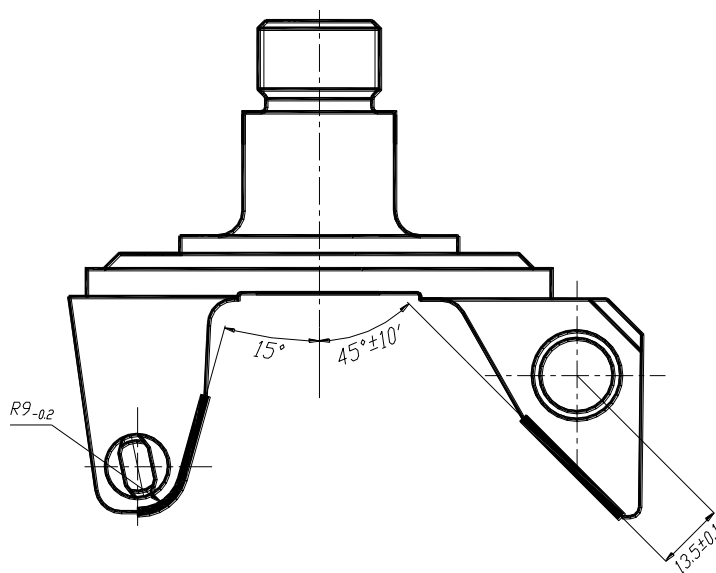


Рисунок 3.14 Базування на операції 030

Похибка базування складає половину допуску на отвір, тобто

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ				

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{T_D}{2} = \frac{0.027}{2} = 0.0135 \text{ мм}$$

Зрозуміло що така похибка не має значного впливу на точність отримання заданого розміру, тому що вона майже в 10 раз менша за допуск.

На операції 035 використовуємо накладний кондуктор, дивись рис. 3.15. Похибка базування тут також дорівнює нулю, тому що суміщені вимірювальні та технологічні бази.

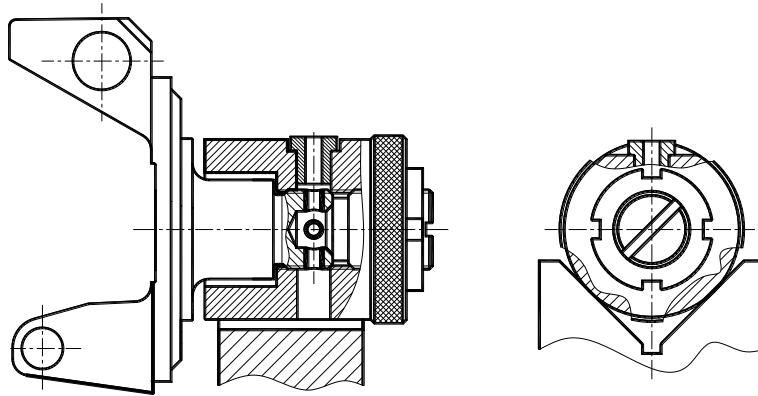


Рисунок 3.15 Базування на операції 035

Операція 040 аналогічно до операції 010 та 015 проводиться в центрах.

Висновок: В ході проведення точнісного розрахунку встановлено, що похибка базування має вплив лише на операції 030, але настільки незначний, що їм можна знехтувати. Компоновка пристосувань для всіх інших операцій вдала, тому що дозволяє уникнути впливу похибки базування на розміри що отримуються.

3.3. Опис та принцип роботи пристосування

Послідовність складання пристосування для операції 005

Послідовність складання наступна:

Спочатку на корпус 2 (рис. 3.16) за допомогою притискних планок 7 та гвинтів закріплюється повзун 4. Потім в корпус 2 встановлюється вісь 6, на яку накладається важіль 5. Вісь фіксується за допомогою стопорних кілець.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			61

На повзуні 4 за допомогою шпонки 8 та гвинтів 9 закріплюється призма 3. В штоки пневмоциліндра закручуються допоміжні штоки. Корпус 2 з закріпленими на ньому повзуном 4, важелем 5 та призмою 3 встановлюється на плиту 1 так, щоб важіль 5 увійшов у отвір допоміжного штоку. Потім корпус прикручується до плити болтами, а базування корпуса на плиті здійснюється за допомогою Т-подібних шпонок 10. В вільні штоки закручуються гвинти 11 для запобігання потрапляння туди стружки. До базової плити прикручується також упор 20.

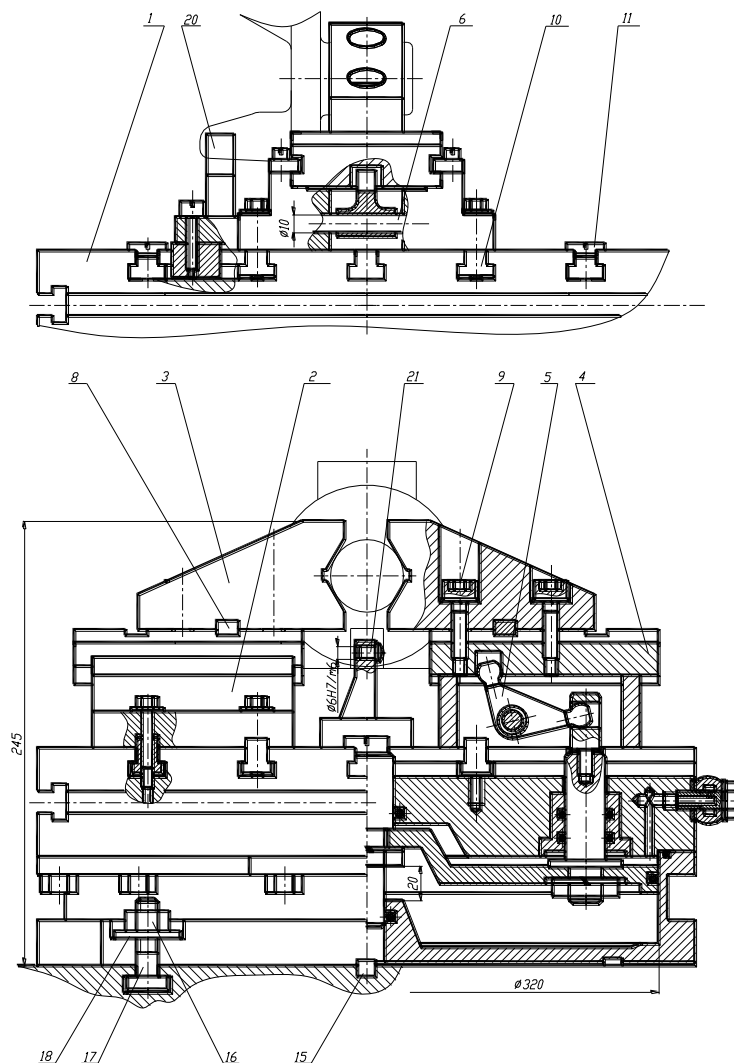


Рисунок 3.16 Пристосування для операції 005

										Арк.
										62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	030Б-23.00.00.00.000 ПЗ					

Пристосування встановлюється на стіл верстата та закріплюється за допомогою болту 17, шайби 18 та гайки 16. Базування на столі верстата здійснюється за допомогою шпонок 15.

Принцип роботи пристосування:

Поршень рухаючись вгору під дією стисненого повітря що подається в нижню порожнину приводить у рух штоки. Які рухаючись вгору через важелі 5 приводять у рух повзуни 4 з закріпленими на них призмами 3, які рухаючись назустріч одна одні здійснюють центрування заготовки.

Послідовність складання пристосування для операції 020

Послідовність складання наступна:

В шток гідроциліндру закручується допоміжний шток 6 (рис. 3.17). На базову плиту 1 за допомогою шпонки 13 та гвинтів закріплюється корпус присконого елемента 3 в який встановлюється повзун 4 таким чином щоб вільний кінець важеля 5 увійшов у отвір допоміжного штоку 6. Вільний шток базової плити фіксується за допомогою шпонки (на малюнку не вказана). Потім на базову плиту за допомогою гвинтів 12 та шпонок 13 закріплюється призма 2. В призму 2 закручується циліндричний палець 7 та за допомогою болту 17 стійка 15, в яку запресований сферичний палець 16. Пристосування встановлюється на стіл верстату базується шпонками 14 та закріплюється за допомогою прихватів 10 та болтів 11.

Принцип роботи пристосування:

Робоча рідина через штуцер 9 під тиском потрапляє у нижню порожнину гідроциліндру та змушує поршень рухатись вгору. Поршень через допоміжний шток 6 штовхає важіль 5, який в свою чергу через сферичний болт 8 штовхає повзун 4 який і здійснює безпосереднє притискання заготовки до призми 2. Заготовка базується за допомогою призми 2, циліндричного пальця 7 та пальця 16.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Послідовність складання пристосування для операції 025

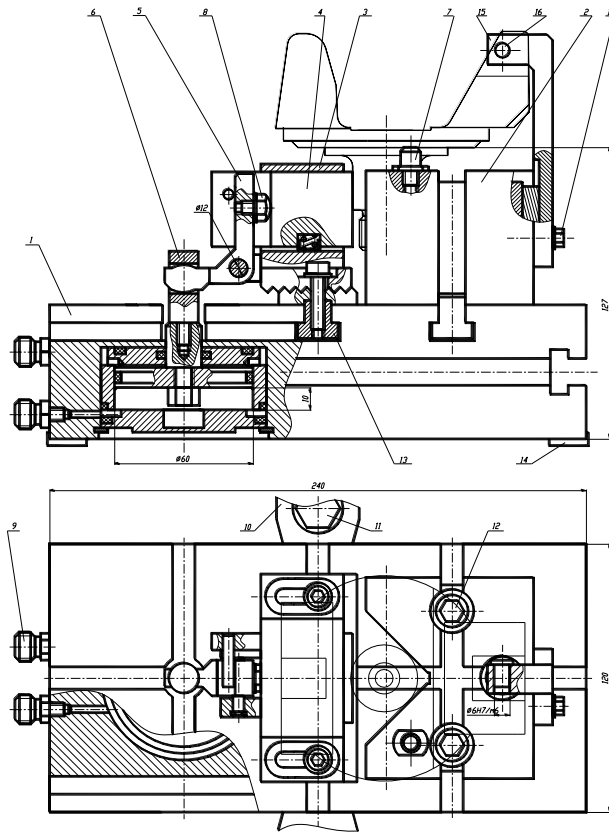


Рисунок 3.17 Пристосування для операції 020

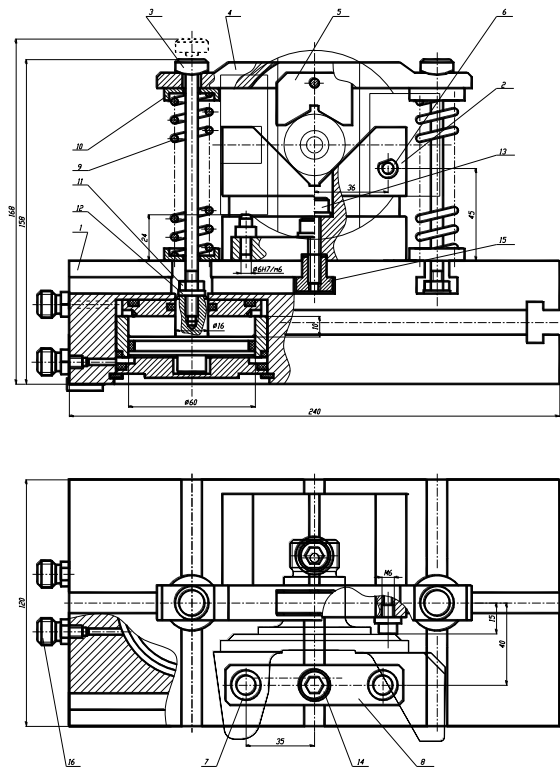


Рисунок 3.18 Пристосування для операції 025

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

030Б-23.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

64

На базову плиту за допомогою гвинтів 13 та шпонки 15 встановлюють та закріплюють призму 2. Потім встановлюють планку 8 із запресованими пальцями 7 за допомогою гвинту 14 та шпонки 15. В коромисло 4 з закріпленою притискною призмою 5 просилають довгі болти 3. На болти надягають шайби 10 та пружини 9, а самі болти загвинчують в штоки гідроциліндрів. Болти фіксують за допомогою контргайок 11 та граверних шайб 12. В призму 2 загвинчують циліндричний палець 6.

Принцип роботи пристосування:

Поршні рухаючись вниз приводять у рух коромисло 4, яке теж рухаючись вниз затискає заготовану за допомогою притискної призми 5. Заготованку вкладають в призму та притискають до пальців 6 та 7. Розтискання відбувається за допомогою пружин 9.

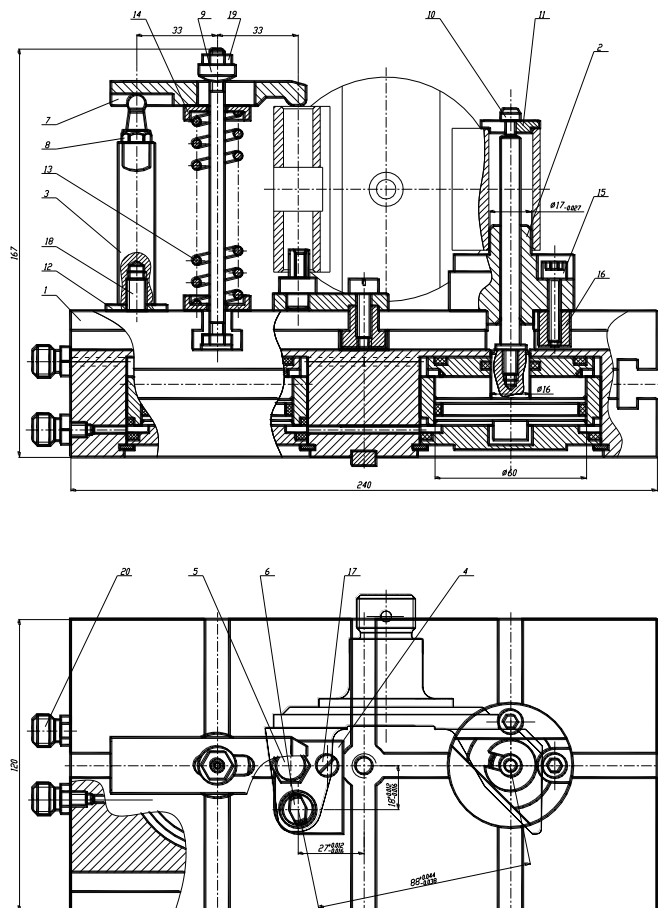


Рисунок 3.19 Пристосування для операції 030

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			65

В шток гідроциліндру загвинчується тяга 10, потім на тягу накладається спеціальний циліндричний палець 2 та закріплюється за допомогою гвинтів 15 та шпонок 16. В шток другого гідро циліндру загвинчується шпилька на яку накладаються шайби 14, пружина 13 та прихват 7. Шпилька загвинчується гайкою з сферичною головкою. В базову плиту вставляється Т-подібний болт 18, на який нагвинчується стійка 13. В верхню частину стійки загвинчується упорна головка 8. Також на плиту за допомогою гвинту 17, сферичного пальця 5 та шпонки закріплюється планка 4 з запресованим зрізаним пальцем 6. В плиту загвинчуються два штуцера 20.

Принцип роботи наступний: Заготовку встановлюють на циліндричний та зрізаний палець. Затискання здійснюється за допомогою швидкоз'ємної шайби 11 та прихвату 7. Після встановлення заготовки на тягу 10 одягається шайба 11, а прихват встановлюється у робоче положення.

Висновок: В даному розділі описано принципи дії всіх спроектованих пристосувань. Також описано послідовність складання пристосувань. Можна зробити висновок, що процес складання пристосувань є технологічним, і принципівих проблем із складанням пристосувань не виявлено.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки на проєктованій ділянці цеху пропоную наступний комплекс заходів:

застосування занулення – електричне з'єднання з нульовим провідником металевих та безструменевих частин, що можуть бути під напругою. На проєктованій ділянці пропоную застосувати схему захисного заземлення для мережі з напругою не вище 1000 В з заземленою нейтраллю.

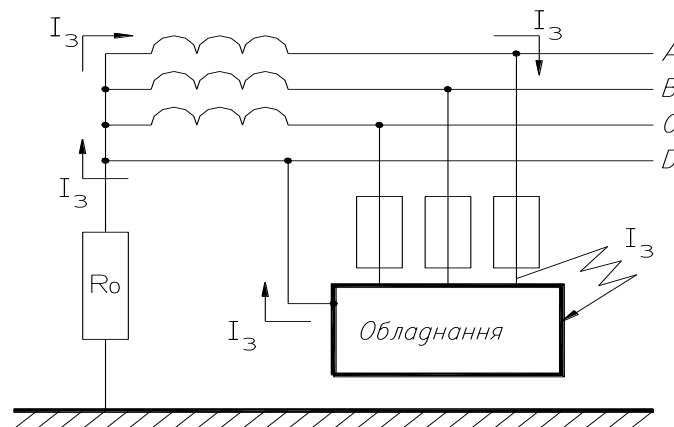


Рисунок 4.1 Схема захисного занулення для трифазної чотирьохпровідної мережі з заземленою нейтраллю

Нульовий захисний провідник призначений для створення короткого замикання з ланцюгом із малим опором, щоб струм був достатнім для швидкого спрацювання захисної системи, швидкого відключення пошкодженої установки від мережі.

4.2. Пожежна безпека

На проєктованій ділянці цеху виконується обробка матеріалів які не горять та металів у холодному стані. У відповідності з класифікацією виробництв по пожежній безпеці по ОНТП 24-86 проєктоване виробництво відноситься до категорії Д.

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			67

Виходячи з того, що проєктована ділянка цеху відноситься до категорії Д, приймаю: ступінь вогнестійкості будинку цеху – IV; максимально припустима кількість поверхів – 2; найбільша припустима площа поверхів між протипожежними стінами будинку – 2600 м² [25].

На підставі IV ступеня вогнестійкості будинку проєктованої ділянки цеху визначаю найменші припустимі межі вогнебезпечності основних будівельних конструкцій (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. – Найменші межі вогнебезпечності основних будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості споруд	Основні будівельні конструкції					
	Несучі стіни сходових кліток, колони	Сходові площадки, сходи, балки та марші в сходових клітках	Зовнішні стіни з навісних панелей	Внутрішні не несучі стіни (перегородки)	Плити, настили та інші несучі конструкції міжповерхових та горищних перекриттів	Плити, настили та інші несучі конструкції покриття
IV	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	Не нормуються

Максимально припустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії Д проєктованого виробництва і при щільності людського потоку в загальному проході понад 1 до 3 чол /м² складає 95 м. [25].

Для проєктованої ділянки як первинні засоби пожежегасіння приймаю: вуглекислотний вогнегасник ручний ОУ – 5 (1) та повітряно-пінний вогнегасник ОВП – 5 (1) [7].

4.3. Забезпечення безпеки при експлуатації підйомно-транспортних машин

На проєктованій ділянці цеху як підйомно-транспортні машини застосовую електрокар та кран-балку. Електрокар застосовую для

транспортування партій заготівель на ділянку і з ділянки. Кран-балка призначена для транспортування заготівель між операціями.

Припустимі мінімальні відстані від кран-балки до частин будинку устаткування наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2. – Відстані від кран-балки до частин будинку й устаткування

№ п/п	Нормована відстань	Припустиме міні значення
1	Від верхньої габаритної точки крана до стелі будинку, нижнього пояса кроквяних ферм, а також до нижньої точки другої кран-балки, що працює ярусом вище	100
2	Від настилу площадок та галерей опорного крана до суцільного перекриття даху, до нижнього пояса кроквяних ферм, а також до нижньої точки другої кран-балки, що працює ярусом вище	1800
3	Від виступаючих частин торців крана до колон і стін будинку	60
4	Від нижньої габаритної точки крана (не враховуючи грузозахватного органу) до підлоги цеху, або майданчиків, де під час роботи крану можуть знаходитись люди (за виключенням майданчиків, призначених для ремонту та ТО крану)	2000
5	Між нижньою габаритною точкою кабіни крана та підлогою цеха	2000, або в межах 500-1000
6	Від нижніх виступаючих частин крана до устаткування, розташованого в зоні його дії.	400
7	Від підлоги посадочного майданчика або вантажного електричного возика до нижніх частин перекриття	1800

Норми і терміни періодичних перевірок крана наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3. – Норми і терміни періодичних іспитів кран-балки

Випробне навантаження при перевірці		Тривалість статичної перевірки, хв.	Періодичність перевірок – не менше 1 разу за час, роки
Статичне	Динамічне		
1,25Р	1,1Р	10	3

Статичні перевірки проводять один раз на рік, а спільні перевірки (статичні та динамічні) проводять один раз на три роки. При статичній

перевірці кран встановлюється над опорами кранових шляхів, а його візок – у положення, що відповідає найбільшому прогину. Гаком або його пристроєм, що заміняє, захоплюється вантаж і піднімається на висоту 200 – 300 мм.

4.4. Безпека верстатних пристосувань

У проектованому технологічному процесі обробки деталі “піввісь” застосовую спеціальне механізоване оснащення. Оснащення для першої операції механізоване гідравлічними приводами, для всіх інших операцій передбачаю оснащення механізоване пневмоприводом.

При експлуатації оснащення можуть виникнути наступні потенційні небезпеки:

- вирив заготівлі внаслідок слабкого затиску заготівлі в оснащенні;
- защемлення пальців рук робітника через його неуважність;
- витік робочого середовища і як наслідок падіння тиску в системі;

Для зниження шуму, що виникає при виході повітря в навколишнє середовище застосовую глушник типу ГМ 1 (рис. 4.2).

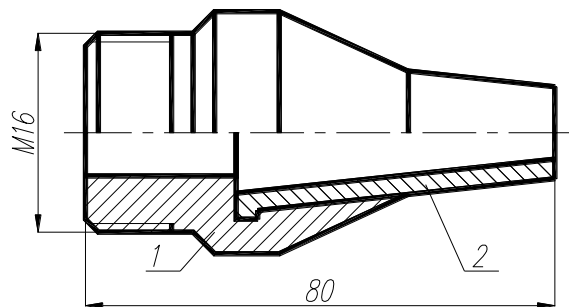


Рисунок 4.2 Металокерамічний глушник типу ГМ 1 (1 – штуцер, 2 – металокерамічна склянка)

Усі перераховані заходи відповідають вимогам ГОСТ 12.2.029-88 “ССБТ. Пристосування верстатні. Загальні вимоги безпеки”.

Для запобігання вириву заготівлі при раптовому падінні тиску робочої рідини (внаслідок обриву трубопроводу, тощо) на всіх пристосуваннях

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70

оснащених гідроприводом на всіх гідроциліндрах передбачено встановлення зворотніх клапанів схема зазначена (рис. 4.3).

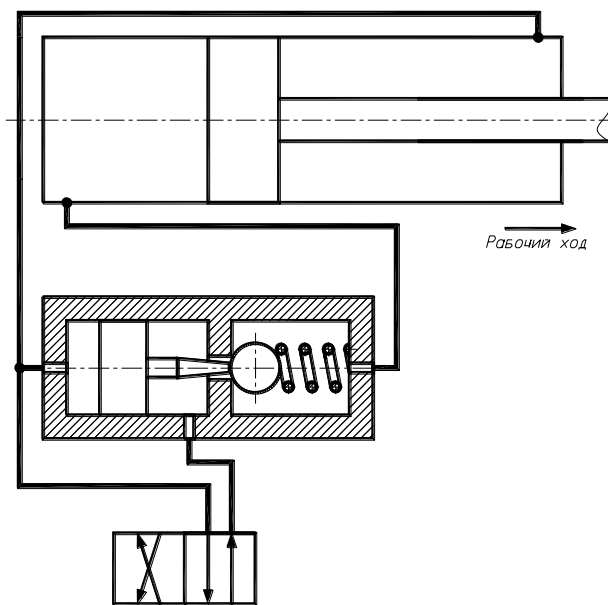


Рисунок 4.3 Схема зворотного клапана для гідроприводу

Дана схема дозволяє виконувати затиск та розтискання заготовлі. При цьому вона запобігає вириву заготовлі при раптові розгерметизації гідравлічної системи. Для більш надійного захисту необхідно зворотній клапан встановлювати безпосередньо на гідроциліндрі, для того щоб виключити гнучкий зв'язок (шлангу) між зворотнім клапаном та гідроциліндром.

4.5. Освітлення приміщення ділянки

Виробниче освітлення призначене для покращення умов праці, зниження втоми, підвищення продуктивності праці та збільшення кількості виробляємої продукції, надання позитивного впливу працездатність, підвищення безпеки праці.

Правильно спроектоване і виконане освітлення на підприємствах машинобудівної промисловості забезпечує можливість нормальної

						030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			71

виробничої діяльності. Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи та безпека на виробництві значною мірою залежать від освітленості. Від освітлення залежать також продуктивність праці та якість продукції, що випускається.

Для проєктованого виробничого приміщення з висотою 6 м. пропоную використовувати як джерело світла для системи загального освітлення лампи типу ДРЛ. Лампи ДРЛ (дугові ртутні люмінесцентні) являють собою ртутні лампи високого тиску зі справною кольоровістю. Лампа складається з кварцової колби, що заповнена парами ртуті при тиску 0,2 – 0,4 МПа, із двома електродами та зовнішньою скляною колбою, що покрита люмінофором.

4.6. Врахування вимог санітарії та охорони навколишнього довкілля при застосуванні мастильно – охолоджувальних технічних засобів (МОТЗ)

Для уникнення та зниження ступеню небезпеки ділянки прийняті, та провадяться заходи згідно ГОСТ 12.0.003-88. У виробничому приміщенні застосовується загально – обмінна вентиляція. На металорізальному обладнанні застосовуються прозорі екрани, а також спеціальні сопла для подачі МОТЗ в зону різання, що гарантують мінімальне утворення аурозолей. Для видалення парів МОТЗ передбачена аерація приміщення.

Для захисту шкіри рук робітників застосовуються спеціальні дерматологічні засоби, наприклад паста ИЭР-2 ФС42-95-72.

Для захисту очей та обличчя робітників від потрапляння МОТЗ застосовують захисні окуляри ЗНРЗ.

Повітря робочої зони знаходиться в межах норми відповідно ГОСТ 12.1.005-88 ССБП.

МОТЗ пастеризується не менш ніж один раз на три місяці та проводиться аналіз на відсутність мікробів, що викликають захворювання

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

шкіри. Пастеризація МОТЗ провадиться шляхом нагрівання до температури 75..80 °С, утриманням при такій температурі та охолодження до 20 °С.

Відроблену МОТЗ збирають у ємність, що встановлена в підвальному приміщенні через зливну систему.

Висновок. Проектована ділянка відповідає вимогам техніки безпеки та охорони праці. Передбачені заходи щодо запобігання ураженню працівників електричним струмом, пожежної безпеки, забезпечення безпечної експлуатації підйомно-транспортних машин, розроблені заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації верстатних пристосувань. В результаті розрахунків були визначені параметри віброопори для верстату 16К20.

Ділянка в цілому відповідає всім вимогам техніки безпеки та охорони праці. Проводяться заходи запобігання нещасним випадкам.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі зроблено наступне:

- Зроблено аналіз базового технологічного процесу.
- Виконана характеристика проектного варіанту техпроцесу та його економічне обґрунтування
- Проведено теоретичне обґрунтування запропонованих способів та форм обробки.
- Виконано технологічну частину.
- Спроектовано конструкції спеціальних верстатних пристроїв, що дасть можливість використати технічні і технологічні можливості запропонованого технологічного процесу.
- Проаналізовано та розроблено засоби з безпеки виробництва та розглянуто питання охорони праці.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Д.Рудь, Т.Є.Божко, Т.Н.Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр) / Навчальний посібник/ Під загальною редакцією професора В.Д.Рудя – Луцьк: Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500 с.
2. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів. –Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 358 с.
3. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.
4. Joaquim Augusto Guerra Hamuyela, Kuznetsov Yu.N., Hamuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja-Imprensa, 2019. – 320 p.
5. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
6. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
7. Технологічна оснастка: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
8. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч. посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми : СумДУ, 2020. — 140 с.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

9. Петров О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
10. ГОСТ 3.1107 – 81. Опоры, зажимы и установочные устройства.
11. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Дичковський М.Г. Навчальний посібник -К.: Кондор, 2008. - 328с.
12. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. – Львів: Магнолія 2007. – 500 с.
13. Черпаков Б. І. Технологічна оснастка: Підручник для установ серед. проф. освіти. – М.: Видавничий центр “Академія”, 2003. – 288 с.

					030Б-23.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76