

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням
Назва теми
верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.05.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-20-2
Шифр

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

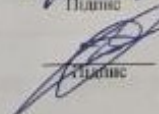
До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва

Дата «21» 06 2023


Підпис

Олександр РИБАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Підпис
Юрій САВИЦЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Підпис
Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Рибак Олександр Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(прізвище, ім'я, по батькові)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Рибак О. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 15,62 %, задовільно 84,38 %.
шкалою ЕКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 13,51 %, D 10,81 %, E 75,68 %.

Методист факультету

[Signature]
(прізвище)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Рибак О.С. виконав дипломний проєкт на тему «Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням верстатів з ЧПК». Робота виконана в повній мірі та відповідає вимогам наукової роботи. Робота заслуговує на оцінку «добре».

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Добре

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(прізвище)

" 27.06 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Рибак О. С. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

[Signature]
(прізвище, ім'я, прізвище)

" 27.06 2023 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Рибак Олександр Сергійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Савицький Ю.В.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

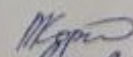
Підтвердження:

завідувач кафедри



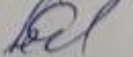
Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи



Юрій САВИЦЬКИЙ

Дата

Підпис

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Рибак О.С.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМГс-20-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

_____ дата

_____ підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Рибак О.С. «Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Рибак О. С. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Корпус із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме о центру VF1 фірми HAAS (США) та верстат 2P135Ф2.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі корпус, спроектовано свердлувальний верстатний пристрій, та контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

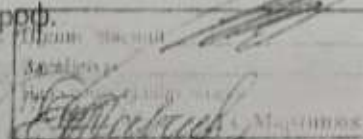
У розділі охорони праці приведено дані по захисту від вібрацій.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Рибак О. С. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»
Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Диха О.В.
Засвідчую
Начальник відділу кадрів ХНУ



№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	64	
5	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.01.00.02	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.01.00.01	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.02.00.01	Карта наладки	1	
8	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.02.00.02	Графотехнологія	1	
9	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.03.00.01СК	Пристрій для свердлування	1	
10	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.23.03.00.02СК	Пристрій для контролю	1	
11	A4		Завдання на ДП	1	
12	A4		Реферат	1	

					ДРБ.ПМТ.ФІТА.23.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Рибак				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Савицький					3	
Н. Контр.	Бись				ХНУ-ПМТс-20-2		
Затвердив	Ткачук						
Відомість роботи							

Реферат

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01»
з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: О. С. Рибак. Керівник роботи : Ю.В. Савицький.

Об'єм пояснювальної записки. 64. стор. Графічна частина 5,5.листів А1.

В загальному розділі визначено стан питання та задачі дипломного проектування виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки свердлувального пристрою для обробки отворів, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по захисту від вібрацій.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор роботи: О. С. Рибак. 2023 р.

/Підпис/

Дата

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	Загальний розділ	8
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	8
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	9
1.3.	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус.....	10
1.4	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.5	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	15
2	Технологічний розділ	20
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	20
2.2	Вибір технологічних баз.....	22
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі.....	22
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування.....	24
2.5	Розрахунок припусків.....	28
2.5.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 35 H7$	28
2.5.2	Табличний метод.....	33
2.6	Розробка технологічних операцій механічної обробки.....	34
2.7	Призначення режимів різання.....	37
2.7.1	Аналітичним методом	37

					ДРБ.ПМ.ФІМ.22.00.00ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі «Корпус 433.01» з використанням верстатів з ЧПК (Пояснювальна записка)	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив.	Рибак							
Перевірив	Савицький							
Н. Контр.	Бись					ХНУ-ПМТс-20-2		
Затвердив	Ткачук							

2.7.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів	40
2.8	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	45
2.9	Оформлення технологічної документації.....	47
3	Конструкторський розділ	48
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів.....	48
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	48
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	48
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	48
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	50
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	51
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	51
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	52
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	52
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	52
3.2.2	Вибір схеми контролю заданого параметру.....	53
3.2.3.	Розрахунок пристрою на точність.....	53
3.2.4.	Принцип роботи пристрою.....	54
4	Охорона праці	55
5	Висновки.....	62
6	Список використаних джерел.....	63
	Додатки.....	

Вступ

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовлення продукції залежить від випереджувального розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, від всебічного впровадження методів техніко-економічного аналізу.

Одним із чинників які впливають на розвиток країни в цілому, а особливо в теперішній критичний час для України, є машинобудування. Рівень розвитку машинобудування в цілому визначає рівень розвитку будь-якої країни.

Великий вплив на розвиток машинобудування в країні, дає рівень освіти технологів-машинобудівників та рівень освіти в машинобудівних Вузах. Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості і матеріалоемності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізацію та автоматизацію виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Найбільш раціональним шляхом підвищення рівня виробництва – оптимізація методів вибору заготовок при порівнянні декількох варіантів, використання обладнання з ЧПК, що дає можливість значно зменшити витрати та кількість обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо.

Ці методи, дають можливість зменшити вартість, час виготовлення та підвищити якість виробу, що відповідно підіймає рейтинг підприємства не тільки на вітчизняному ринку, але й на міжнародному.

1 Загальний розділ

1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

Дипломна бакалаврська робота відповідно до загальноосвітньої програми підготовки бакалаврів за Галуззю знань – 13 Механічна інженерія, Спеціальністю – 131 Прикладна механіка являє собою самостійну та логічно завершену роботу на здобуття ступеня бакалавра, галузі технології машинобудування. «Для якісного виконання випускної кваліфікаційної роботи претендент ступеня бакалавра в процесі навчання за програмою має освоїти такі компетенції, які закріплюються під час виконання ним випускної кваліфікаційної роботи :

- здатність до саморозвитку, підвищення своєї кваліфікації та майстерності;
- здатність освоювати на практиці та вдосконалювати технології, системи та засоби машинобудівних виробництв;
- здатність брати участь у розробці та впровадженні оптимальних технологій виготовлення машинобудівних виробів;
- здатністю виконувати заходи щодо ефективного використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору та розрахунків параметрів технологічних процесів;
- здатністю вибирати матеріали та обладнання, та інші засоби технологічного оснащення та автоматизації для реалізації виробничих та технологічних процесів;
- здатністю виконувати роботу з визначення відповідності продукції, що випускається вимогам регламентуючої документації;

- здатністю виконувати роботи з доведення та освоєння технологічних процесів, засобів та систем технологічного оснащення, автоматизації машинобудівних виробництв, управління, контролю, діагностики в ході підготовки виробництва нової продукції, оцінки їх інноваційного потенціалу;
- здатність розробляти плани, програми та методики, інші документи, що входять до складу конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації.

Основні завдання при виконанні дипломної роботи бакалавра:

- запропонувати вдосконалений технологічний процес оброблення деталі із застосуванням сучасного обладнання – верстатів з ЧПК;
- провести раціональний вибір методу отримання заготовки;
- провести розрахунки та вибір припусків;
- розрахувати та вибрати різальний інструмент і режими різання;
- провести нормування технологічних операцій механічної обробки;
- спроектувати та провести розрахунки верстатного та контрольного пристрою;
- виконати необхідні графічні матеріали та оформити технологічну документацію;
- навести з точки зору охорони праці необхідні вимоги до безпечної роботи при виконанні технологічного процесу, протипожежної безпеки, безпечним умовам роботи машинобудівного комплексу» [20].

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Деталь «корпус 433.01» входить у пристрій, який являється технологічною оснасткою при механічній обробці деталей на металорізальних верстатах в серійному виробництві і призначенні для встановлення і закріплення в певному положенні на столі горизонтально – фрезерного

верстата заготовок деталей при фрезеруванні в них пазів та площин. В пристрої закріплюється одна заготовка.

Деталь корпус є базовою деталлю самого пристрою та на неї встановлюються інші елементи пристрою та сприймає навантаження закріплення та сили різання. Дана деталь відноситься до класу «корпусів» і вона в основному утворена поверхнями простої форми – плоскі та циліндричні. Складних конструктивних елементів немає

1.3 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус

Для обробки деталі «Корпус 433.01», запропоновано використовувати метод концентрації операцій, тобто виконання максимально-можливої кількості переходів за один установ заготовки. Забезпечення виконання даного принципу здійснюється при використанні багатоцільових верстатів з великою кількістю інструментів фірми HAAS (США).

В удосконаленому технологічному процесі запропоновано використовувати обробляючий центр фрезерно-розточувальний свердлувальний центр VF1 фірми HAAS (США).



Рисунок 1.1. загальний вигляд верстата VF-1

Технічна характеристика верстата VF1

Вісь X, мм	508,
Вісь Y, мм	406.
Вісь Z, мм	508,
Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.), мм	610,
Відстань от переднього торця шпинделя до столу (~ мін.), мм	210,
Максимальна потужність, кВт	22.4,
Максимальна швидкість, об/хв.	8100,
Максимальний крутний момент, Нм	122 при 6000 об/хв.,
Система приводу	nline Direct-Drive,
Конус СТ or BT	40,
Довжина, мм	660,
Ширина, мм	356,
Ширина T- подібних пазів,, мм	16,
Відстань по центру T- подібних пазів, мм	125,
Різання на максимальну глибину, мм/хв.	16.5,
Прискорене переміщення по осі X, Y, Z ,мм/хв.	25,4,
Максимальне осеве зусилля по осі X, Y, Н	11343,
Максимальне осеве зусилля по осі Z, Н	18683,
Максимальний діаметр інструменту), мм	89.

1.4 Аналіз технологічності деталі

Згідно робочого креслення можна сказати про наявність всіх даних для виготовлення деталі, що вимагає ДСТУ БА. 4-4:2009 «Загальні вимоги до робочих креслень»

1. Вибір матеріалу на деталь.

Для виготовлення корпусу використовуємо чавун СЧ18 ДСТУ 4038-2001, що обумовлено необхідністю виливання даної деталі в зв'язку з особливістю конструкції «корпуса».

2. Обґрунтування призначення допусків та шорсткостей на деталь.

Оскільки дана деталь не потребує ніяких особливих вимог відносно умов роботи то виходячи з цього на поверхні деталі не призначаємо ніяких високих допусків, а лише на поверхню яка контактує з гільзою втулкою допуск по Н7 з шорсткістю Ra0.8, а на базову торцеву поверхню призначаємо шорсткість Ra2,5 та на упорний торцях Ra3.2.

3. Обґрунтування допусків форми.

Встановлюємо позиційний допуск на поверхню під гвинти для кріплення захватів в процентному відношенні від розмірного допуску-60%(0.4), на плоску поверхню встановлюємо допуск перпендикулярності (0.1 мм) до вісі обертання і допуск співвісності (0.02 мм). На базові отвори встановлюємо допуск циліндричності (0.02 мм)

На всі інші поверхні допуски форми не регламентуємо оскільки дані поверхні є не вимогливими.

Основні елементи корпусу позначені на рис. 1.1 та їх характеристики занесені в таблицю 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад та механічні властивості чавуна СЧ18

C , %	Si , %	Mn , %	Не більше		Ni , %	Cu , %
			S , %	P , %		
3...5	1.5...3.5	>0.03	0.05	0.15	≅0.9	≅0.9
σ_B , Мпа	$\sigma_{міц}$, Мпа	$[\sigma_0]_f$	$[\sigma_{-1}]_f$	$[\sigma_H]$	НВ	δ , %
<	<	<	<			
200	20	67	44	255- 361	170...24 1	36

Таблиця 1.2. Елементи корпусу

№ поз.	Назва елемента	Квалітет точності	Шорсткість ь R_a , мкм	Призначення поверхні
1.	Різьба (3)	H6	6,3	Конструктивний елемент Допоміжна поверхня
2.	Торець (4,5)	9	3,2	Конструктивний елемент допоміжна поверхня
3.	Гладка циліндрична поверхня (6,7)	H7	1,0	Посадочна поверхня
4.	Гладка циліндрична поверхня (24,25)	H7	1,6	Посадочна поверхня
5.	Фаска (8)	$\pm IT14$	6,3	Створення безпечних умов експлуатації пристрою
6.	Отвір циліндричний (9,10,11,12,13)	10	12,5	Конструктивний елемент
7.	Канавка (26)	12	12,5	Конструктивний елемент
8.	Отвір циліндричний наскрізний(14,15)	H7	1,6	Посадочна поверхня
9.	Опорна площадка(18,19)	12	12,5	Конструктивний елемент
10.	Контур (20,22)	$\pm IT14$	Rz80	Вільна поверхня (необроблена)
11.	Плоска поверхня (1,2)	9	2,5	Допоміжна поверхня (конструктивний елемент)
12.	Кріпильний паз (16,17)	12	12,5	Базова поверхня
13.	Циліндрична поверхня (23)	IT14	Rz80	Вільна поверхня (необроблена)

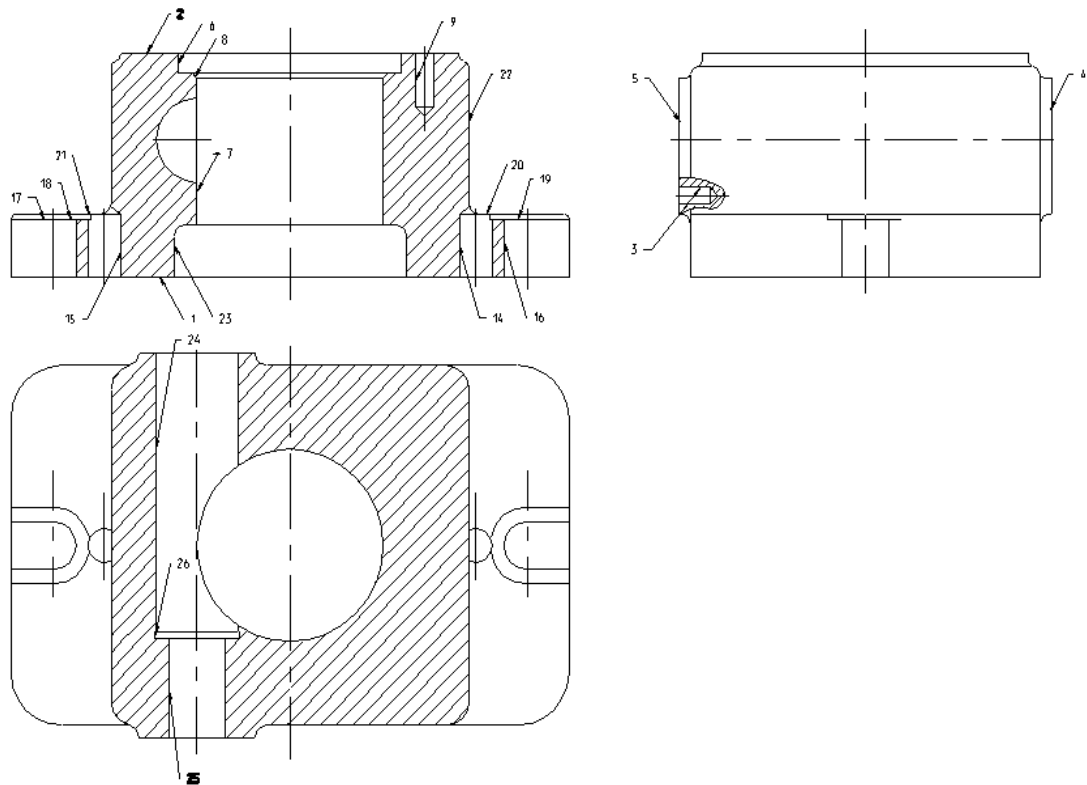


Рисунок 1.1. Елементи деталі

1. Якісний аналіз

Дана деталь відноситься до класу «корпусів» і вона в основному утворена поверхнями простої форми за винятком торцевої поверхні. З точки зору номенклатури поверхонь, кількість циліндричних поверхонь, зведена до мінімуму, а канавка - стандартизовані. В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристрої чи верстатів для її виготовлення.

2. Кількісний аналіз [1].

Коефіцієнт точності

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{236}{24} = 9,83, \quad K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{9,83} = 0,898.$$

де T – клас точності обробки; n_I – кількість розмірів відповідного класу точності.

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як $K_{\text{тч}} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{CP}}}, \quad \text{Ш}_{\text{CP}} = \frac{\sum \text{Ш} \cdot n_{\text{IM}}}{\sum n_{\text{IM}}} = \frac{197,4}{24} = 8,225, \quad K_{\text{ш}} = \frac{1}{8,225} = 0,1215.$$

де Ш – клас шорсткості поверхні; n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

Так як $K_{\text{ш}}$ досить низький то можна сказати, що деталь по $K_{\text{ш}}$ є досить технологічна.

1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{3.0}$ [1], котрий показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних або належаних виконанню підрозділом на протязі місяця, до числа робочих місць.

Так як $K_{3.0}$ виражає періодичність обслуговування робочого всією необхідною інформацією, а також забезпечення робочого місця всіма необхідними речовими елементами виробництва, то $K_{3.0}$ оцінюється тільки до явочного числа робочих підрозділів із розрахунку на дві зміни:

$$K_{3.0} = \frac{\sum \Pi_0}{O}, \quad (1.4)$$

де $\sum \Pi_0$ – сумарне число різноманітних операцій;

O – явочна кількість робочих підрозділів, які виконують різні операції.

Табл.1.3. Визначення коефіцієнта закріплення операції

Операції	$T_{шт.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1. Вертикально - фрезерна	3,56	0,434	1	0,434	1,84
2. Вертикально - свердлувальна	2,56	0,3126	1	0,3126	2,56
3. Вертикально - фрезерна	3,56	0,434	1	0,434	1,84
4. Плоско - шліфувальна	1,526	0,186	1	0,186	4,3
5. Фрезерна - ЧПК	1,159	0,141	1	0,141	5,67
6. Координато - розточувальна	10,517	1,284	1	1,284	0,523
7. Горизонтально - розточувальна	5,505	0,672	1	0,672	1,19

Визначення T_o :

Вертикально – фрезерна

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 240 \cdot 10^{-3} = 1.44$$

$$T_o = 4 \cdot l = 4 \cdot 240 \cdot 10^{-3} = 0.92$$

Вертикально - свердлувальна

$$T_o = 0.52 \cdot d \cdot l = 0.52 \cdot 14 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0.37$$

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 14 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0.152$$

$$T_o = 0.43 \cdot d \cdot l = 0.43 \cdot 14 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0.156$$

$$T_o = 0.86 \cdot d \cdot l = 0.86 \cdot 14 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0.313$$

$$T_o = 0.52 \cdot d \cdot l = 0.52 \cdot 8 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 0.457$$

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 8 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 0.369$$

Вертикально – фрезерна

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 240 \cdot 10^{-3} = 1.44$$

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 154 \cdot 10^{-3} = 0.92$$

Плоско – шліфувальна

$$T_o = 2.5 \cdot l = 2.5 \cdot 240 \cdot 10^{-3} = 0.6$$

$$T_o = 2.5 \cdot l = 2.5 \cdot 154 \cdot 10^{-3} = 0.385$$

Фрезерна – ЧПК

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0.336$$

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0.432$$

Координато – розточувальна

$$T_o = 7 \cdot l = 7 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.056$$

$$T_o = 0.18 \cdot d \cdot l = 0.18 \cdot 96 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.276$$

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 80 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 2.2176$$

$$T_o = 0.18 \cdot d \cdot l = 0.18 \cdot 80 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 1.9$$

$$T_o = 0.15 \cdot d \cdot l = 0.15 \cdot 80 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0.792$$

$$T_o = 4 \cdot l = 4 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0.264$$

Горизонтально – розточувальна

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 35 \cdot 119 \cdot 10^{-3} = 1.749$$

$$T_o = 0.43 \cdot d \cdot l = 0.43 \cdot 35 \cdot 119 \cdot 10^{-3} = 1.79$$

$$T_o = 0.86 \cdot d \cdot l = 0.86 \cdot 35 \cdot 119 \cdot 10^{-3} = 3.58$$

$$T_o = 0.18 \cdot d \cdot l = 0.18 \cdot 38 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.02$$

$$T_o = 0.21 \cdot d \cdot l = 0.21 \cdot 24 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0.4132$$

$$T_o = 0.43 \cdot d \cdot l = 0.43 \cdot 24 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0.423$$

$$T_o = 0.86 \cdot d \cdot l = 0.86 \cdot 24 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0.846$$

$$T_o = 6 \cdot l = 6 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0.792$$

$$T_o = 4 \cdot l = 4 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0.528$$

$$T_o = 2.5 \cdot l = 2.5 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0.33$$

$$T_o = 0.52 \cdot d \cdot l = 0.52 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0.026$$

$$T_o = 0.4 \cdot d \cdot l = 0.4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0.02$$

Визначення $T_{шт.}$, $T_{шт.} = T_o \cdot \varphi_k$, φ_k [8]:

Вертикально – фрезерна

$$T_{шт.} = (1,44+0,92)1,51=3,56$$

Вертикально – свердлувальна

$$T_{шт.} = (0,37+0,152+0,156+0,313)1,3=2,56$$

Вертикально – фрезерна

$$T_{шт.} = (1,44+0,92)1,51=3,56$$

Плоско – шліфувальна

$$T_{шт.} = (0,6+0,385)1,55=1,526$$

Фрезерна – ЧПК

$$T_{шт.} = (0,336+0,432)1,51=1,159$$

Координато – розточувальна

$$T_{шт.} = 0,056+0,276+2,2176+1,9+0,792+0,264=10,517 \text{ хв.}$$

Горизонтально – розточувальна

$$T_{шт.} =$$

$$=1,749+1,79+3,58+0,02+0,4132+0,432+0,8462+0,792+0,528+0,33+0,026+0,02=$$

$$=5,0505 \text{ хв.}$$

Розрахунок розрахункового числа верстатів

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.5)$$

$$\eta_{з.н.} = 0,8.$$

Вертикально – фрезерна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 3.56}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.434,$$

Вертикально – свердлувальна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 2.56}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.3126,$$

Вертикально – фрезерна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 3.56}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.434,$$

Плоско – шліфувальна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 1.526}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.186,$$

Фрезерна – ЧПК

$$m_p = \frac{11900 \cdot 1.159}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.141,$$

Координато – розточувальна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 10.517}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 1.284,$$

Горизонтально – розточувальна

$$m_p = \frac{11900 \cdot 5.505}{60 \cdot 2030 \cdot 0.8} = 0.672,$$

Фактичний коефіцієнт загрузки і число операцій

$$\eta_{з.фю} = \frac{m_p}{P}, O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}},$$

значення розрахунку приведенні в таблиці 1.3.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{18,02}{7} = 2,5,$$

за результатами розрахунку отримаємо тип виробництва – багатосерійний.

2 Технологічний розділ

2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Проведемо порівняльний вибір для двох методів отримання заготовки (литва в землю і кокіль та литва по виплавлюваним моделям) [3, 4].

Затрати на матеріал для обробки литва по виплавлюваним моделям

$$M_1 = \left(\frac{C_I}{1000} \right) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{S_{ВІД.}}{1000}, \quad (2.1)$$

де C_I - базова вартість 1 т. заготовок, $C_I = 44000$ грн.

$S_{ВІД}$ - Вартість тони відходів, $S_{ВІД} = 700$ грн. ,

Q - маса заготовки, $Q = 14.26$ кг,

q - маса деталі, $q = 12,45$ кг,

K_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності , $K_T = 1,1$;

K_C - коефіцієнт, що залежить від групи складності , $K_C = 1$;

K_B - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки , $K_B = 0,84$,

Затрати на матеріал при обробці литва в земляну форму та кокіль

$$M_1 = \frac{Q \cdot S}{1000} - (Q - q) \cdot \frac{S_{ОТХ.}}{1000} + \sum C_{О.З.},$$

S - базова вартість 1 т заготовок, $C_I = 36000$ грн.

Q - маса заготовки, $Q = 13.62$ кг,

$S_{ВІД}$ - Вартість тони відходів, $S_{ВІД} = 700$ грн. ,

q - маса деталі, $q = 12,45$ кг,

Для розрахунків застосуємо програму «Wartist» результати розрахунків представлені на рис.2.1. та рис. 2.2.

Перший варіант	Другий варіант
Вид отримання заготовки	Вид отримання заготовки
<input type="radio"/> прокат	<input type="radio"/> прокат
<input checked="" type="radio"/> литво в землю і кокіль	<input type="radio"/> литво в землю і кокіль
<input type="radio"/> литво по виплавлюваним моделях	<input checked="" type="radio"/> литво по виплавлюваним моделях
<input type="radio"/> литво по випалюваним моделях	<input type="radio"/> литво по випалюваним моделях
<input type="radio"/> литво по газифікованим моделях	<input type="radio"/> литво по газифікованим моделях
<input type="radio"/> литво під тиском	<input type="radio"/> литво під тиском
<input type="radio"/> литво в оболонковій формі	<input type="radio"/> литво в оболонковій формі
<input type="radio"/> штампування	<input type="radio"/> штампування
Маса заготовки, кг	Маса заготовки, кг
13,62	
Маса деталі, кг	Маса деталі, кг
12,45	
Програма випуску, шт	Програма випуску, шт
11900	
Вартість 1-ї тони відходів, грн	Вартість 1-ї т відходів, грн
700	
Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн	Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн
36000	
Матеріал	Матеріал
C410,C415,C418	C410,C415,C418

Рисунок 2.1

Перший варіант
Спосіб отримання заготовки:
литво в землю і кокіль
Вартість заготовки, грн:
316,32

Рисунок 2.2

Таким чином при використанні литва по виплавлюваним моделям додатково вивільняється 135316 грн. в порівнянні з литвом в землю та кокіль. Отже використовуємо метод отримання заготовки по виплавлюваним моделям.

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{B.M.} = \frac{q}{Q} \cdot K_{B.M.} = \frac{12,45}{13,62} = 0,914.$$

2.2 Вибір технологічних баз

При фрезерній обробці з ЧПУ на установі А за базу використовується необроблена зовнішня циліндрична поверхня, та торець. На установі Б за базу використовується оброблена внутрішня циліндрична поверхня, та торець який був попередньо оброблений на Установі А. При фрезеруванні корпусу, як на установі А так і Б, використовується правило 6 - ти точок: Три точки бере на себе база А (установча), дві точки - база Б (направляюча), а одна точка знищується з допомогою сил тертя.

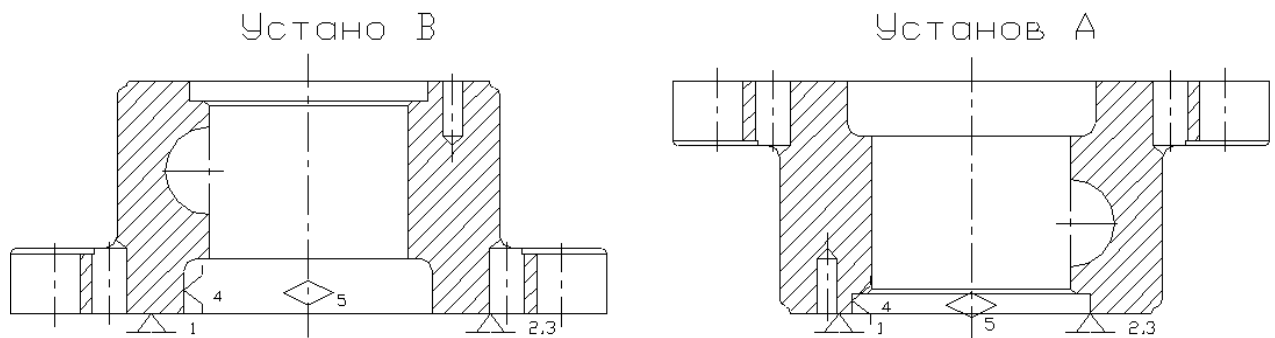


Рисунок 2.3

2.3 Встановлення планів обробки окремих поверхонь

Згідно конфігурації поверхні та її шорсткості вибираємо послідовність переходів оброблення конкретної поверхні для досягнення необхідної точності.

Плани обробки окремих поверхонь заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. Плани обробки окремих поверхонь

№ пов.	Квалітет точності	Шорсткість	План обробки поверхні
1.	$\pm t2 / 2$	6,3	1. Центрувати 2. Свердлити 3. Нарізати різьбу
2.	9	3,2	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування 3. Тонке фрезерування
3.	H7	1,0	1. Чорнове зенкерування 2. Чистове зенкерування 3. Попереднє розточування 4. Повторне розточування
4.	H7	0,8	1. Чорнове зенкерування 2. Однократне зенкерування 3. Розвірчування однократне
5.	$\pm IT14$	6,3	Чорнове точіння
6.	10	6,3	1. Свердлити 2. Однократне зенкерування
7.	h12	12,5	Чорнове розточування
8.	H7	1.6	1. Свердлити 2. Однократне зенкерування 3. Розвірчування точне
9.	12	12.5	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування
10.	IT14	20	Не оброблюється
11.	9	2,5	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування 3. Шліфування
12.	12	12,5	1. Однократне фрезерування
13.	IT14	20	Не оброблюється

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування

Критерієм оптимальності для вибору технологічного маршруту є мінімум приведених витрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту приведені витрати можуть визначатись у вигляді питомих величин на 1 рік роботи обладнання. Погодинні приведені витрати визначають для двох операцій, що замінюють одна одну при обробці однієї і тієї ж поверхні, при досягненні одних і тих же параметрів як якісних так і кількісних.

Перший варіант.	Другий варіант.
005 Заготівельна	005 Заготівельна
010 Вертикально-фрезерна	010 Вертикально-фрезерна
015 Вертикально - свердлувальна	015 Радіально - свердлувальна
020 Вертикально-фрезерна	020 Вертикально-фрезерна
025 Плоскошліфувальна	025 Плоскошліфувальна
030 Фрезерувальна – ЧПК	030 Фрезерувальна – ЧПК
035 Координато – розточувальна	035 Координато – розточувальна
040 Горизонтально - розточувальна	040 Горизонтально - розточувальна

Порівняння даних двох техпроцесів буде здійснюватись на основі порівняння двох операцій 015 на якій свердлування отворів буде йти двома різними методами, по першому варіанту на верстаті 2P135Ф2, а по другому - на верстаті 2Л53У.

Вертикально - свердловальна

Перший варіант.

$$C_{п.в.} = C_3 + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3),$$

де $C_{п.в.}$ - годині приведені втрати , коп./год.

C_3 - основна та допоміжна ЗП , коп./год.

$C_{ч.з}$ - годині втрати на експлуатацію робочого місця, коп./год.

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладів,

$$E_n = 0.15 [5].$$

K_c, K_3 - питомі години капітальних вкладів відповідно в верстат та в будову, коп./год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{т.ф.} \cdot k \cdot y,$$

де ε - коефіцієнт , що враховує додаткову ЗП рівну 9 % , що нарахована на соціальне страхування 7.6% та приробіток до основної ЗП в результаті перевиконань норм на 30 % , $\varepsilon = 1.53 [5]$.

$C_{т.ф.}$ - година тарифна ставка верстатника відповідного розряду ,

$$C_{т.ф.} = 54.8 \text{ коп./год.}, [5]$$

k - коефіцієнт, що враховує ЗП наладчика , $k = 1, [5]$.

y - коефіцієнт, що враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванню, $y = 0.48, [2]$.

$$C_3 = 1.53 \cdot 54.8 \cdot 1 \cdot 0.48 = 40.2 \text{ коп./год.}$$

Часові затрати по експлуатації робочого місця

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{Б.П.} \cdot k_M,$$

де $C_{ч.з.}$ - практичні часові затрати на базовому робочому місці , коп./год.,

k_M – коефіцієнт який показує у скільки раз затрати, пов’язані з роботою даного верстата, більше ніж аналогічні витрати у базового верстата (значення k_M приведено в [2]), $k_m = 1.1$.

Приймаємо

$$C_{ч.з.}^{б.п.} = 36,3 \text{ коп./год.}$$

$$C_{ч.з.} = 36,3 \cdot 1,1 = 40 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{F_D \cdot \eta_3},$$

де Ц - балансова вартість верстата, Ц = 4368 грн., [5].

F_D - дійсний річний фонд часу, $F_D = 2030$ год.

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, $\eta_3 = 0,8$, [5].

$$K_C = \frac{4368 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 268,96 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у будівлю (коп./ч.);

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_D \cdot \eta_3}, \quad (2.2)$$

де F - виробнича площа , що займає верстат з урахуванням проходів, m^2 ,

$$F = F_B \cdot \kappa_B,$$

де F_B - площа , яку займає верстат, m^2 , $F_B = 1,0044$ [5].

κ_B - коефіцієнт , що враховує додаткову виробничу площу проходів, $\kappa_B = 4$, [5].

$$F = 1,0044 \cdot 4 = 4,0176 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = \frac{4,0176 \cdot 78,4 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 19,395 \text{ коп./год.}$$

$$C_{П.В} 1 = 40,2 + 40 + 0,15 \cdot (268,96 + 19,395) = 123,45 \text{ коп./год.}$$

Другий варіант.

$$C_{т.ф.} = 60,6 \text{ коп./год., [5] } Y = 0,65 [5].$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 60,6 \cdot 1 \cdot 0,65 = 60,26 \text{ коп./год.}$$

$$K_m = 1,4, [5].$$

$$C_{ч.з.} = 36,3 \cdot 1,4 = 50,82 \text{ коп./год.}$$

$$Ц = 6046 \text{ грн., [5].}$$

$$K_C = \frac{6046 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 372,29 \text{ коп./год.}$$

$$F_B = 2,44 \text{ м}^2, [5]. \quad \kappa_B = 3,5, [5].$$

$$F = 2,44 \cdot 3,5 = 8,54 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = \frac{60,26 \cdot 78,4 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 290,91 \text{ коп./год.}$$

$$C_{П.В} 2 = 60,26 + 50,82 + 0,15 \cdot (372,29 + 290,91) = 210,56 \text{ коп./год.}$$

Отже враховуючи те, що $C_{П.В} 2 = 210,56 > C_{П.В} 1 = 123,45$ то приймаємо операцію 015 вертикально-свердловальну з ЧПК.

2.5 Розрахунок припусків

2.5.1 Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 35 \text{ H7}$

Розрахунок припусків на поверхню $\varnothing 35 \text{ H7}$. Сумарне значення R_z і T , які характеризують якість литих заготовок, складає 400 мкм. Після першого технологічного переходу величина T виключається з розрахунку. Знаходимо тільки значення R_z [6].

Сумарне значення просторового відхилення для заготовки даного типу визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{КОР}^2 + \rho_{СМ}^2} \quad (2.3)$$

Величина короблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його січенні. Тому

$$\rho_{КОР} = \Delta_K \cdot l = 0.85 \cdot 119 = 101.15 \text{ мкм}$$

Сумарне зміщення отвору у відливці відносно зовнішньої її поверхні представляє геометричну суму у двох взаємно перпендикулярних площинах

$$\rho_{СМ} = 0.25\sqrt{TD+1} = 0.25\sqrt{2.5+1} = 467.4 \text{ мкм},$$

де δ_A, δ_B – допуски на розміри A і B по 1-му класу точності (ГОСТ 1855-85).

Сумарне значення просторового відхилення заготовки складає

$$\rho_3 = \sqrt{101.15^2 + 467.7^2} = 478.5 \text{ мкм}.$$

Залишкові просторові відхилення після $\rho_i = K_y \cdot \rho_3$,

де K_y ,

Чорнового зенкерування $\rho_1 = 0.06 \cdot 478,5 = 28,7$ мкм,

чистового зенкерування $\rho_2 = 0.04 \cdot 478,5 = 19,1$ мкм,

нормального розвірчування $\rho_3 = 0.02 \cdot 478,5 = 14,3$ мкм.

Точного розвірчування $\rho_4 = 0.02 \cdot 478,5 = 9,5$ мкм.

Похибка установки при чорновому розточуванні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (2.4)$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при встановленні її на штирі при способи в результаті наявності зазорів між отворами і штирями.

Найбільший зазор

$$S_{\max} = \delta_B + \delta_r + s_{\min} = 0.018 + 0.018 + 0.013 = 0.049 \text{ мм},$$

де δ_B – допуск на отвір 14Н7; δ_r – допуск на діаметр штиря 0,018 мм.;

s_{\min} – мінімальний зазор між штирем і отвором, 0,013 мм.

Найбільший кут повороту заготовки на штирях $\operatorname{tg} \alpha = \frac{0.049}{160} = 0.0003$.

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору

$$\varepsilon_\delta = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 63 \cdot 0.0003 = 0.0189 \text{ мм} = 35.7 \text{ мкм}.$$

Похибку закріплення заготовки приймаємо $\varepsilon_3 = 160 \text{ мкм}$. Тоді похибка установки при

$$\varepsilon = \sqrt{35.7^2 + 160^2} = 164 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_i = K_y \cdot \varepsilon,$$

Чорнового зенкерування $\varepsilon_1 = 0.06 \cdot 164 = 9.84 \text{ мкм},$

чистового зенкерування $\varepsilon_2 = 0.04 \cdot 164 = 6.56 \text{ мкм},$

нормального розвірчування $\varepsilon_3 = 0.03 \cdot 164 = 4.92 \text{ мкм},$

точного розвірчування $\varepsilon_2 = 0.02 \cdot 164 = 2.45 \text{ мкм},$

Мінімальне значення між операційних припусків

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.5)$$

Мінімальний припуск під розточування

Чорнового зенкерування $2z_{\min} = 2 \cdot \left(400 + \sqrt{478.5^2} \right) = 1757 \text{ мкм},$

чистового зенкерування $2z_{\min} = 2 \cdot \left(50 + \sqrt{28.7^2 + 164^2} \right) = 433 \text{ мкм},$

нормального розвірчування $2z_{\min} = 2 \cdot \left(30 + \sqrt{19.1^2 + 9.8^2} \right) = 103 \text{ мкм}.$

точного розвірчування $2z_{\min} = 2 \cdot \left(5 + \sqrt{14.3^2 + 6.5^2} \right) = 41.4 \text{ мкм}.$

Таблиця 2.2 Припуски на обробку поверхні Ø35H7

Маршрут Обробки Поверхні Ø80H7	Елементи припуску				Мін. Припуск 2Z _{min} , мкм	Розрах. розмір, мм d_p	Допуск Т, мкм.	Граничні розміри,мм.		Граничні припуски,мм.	
	R _{zi-1}	h _{i-1}	ρ _{i-1}	ε _{yi-1}				d _{max}	d _{min}	2z _{min} ^{np.}	2z _{max} ^{np.}
Заготовка	40		478,5	0		32.69	1600	32.69	31.09		
Зенкерування Чорнове	50		28,7	164	1757	34.447	250	34.447	34.197	1757	3107
Зенкерування Чистове	30		19,1	9,8	433	34.88	160	34.88	34.72	433	523
Розвірчування нормальне	5		14,3	6,5	103	34.983	100	34.983	34.883	103	163
Розвірчування тонке	3		9,5	4,9	41,4	35.025	25	35.025	35.005	42	117

Розрахунковий розмір

$$d_{p4} = 35.025 - 0.0414 = 34.983 \text{ мм},$$

$$d_{p3} = 34.983 - 0.103 = 34.88 \text{ мм},$$

$$d_{p2} = 34.88 - 0.433 = 34.447 \text{ мм},$$

$$d_{p1} = 34.447 - 1.757 = 32.69 \text{ мм}.$$

Найбільші граничні розміри розраховуємо відніманням допуску від найбільшого граничного розміру

$$d_{\min 5} = 35,025 - 0,025 = 35,00 \text{ мм},$$

$$d_{\min 4} = 34,983 - 0,1 = 34,883 \text{ мм},$$

$$d_{\min 3} = 34,88 - 0,16 = 34,72 \text{ мм},$$

$$d_{\min 2} = 34,447 - 0,25 = 34,197 \text{ мм}.$$

$$d_{\max 1} = 32,69 - 1,6 = 31,09 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків визначають

$$2z_{\min 4}^{np.} = 35,025 - 34,983 = 0,042 \text{ мм} = 42 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 3}^{np.} = 34,983 - 34,88 = 0,103 \text{ мм} = 103 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 2}^{np.} = 34,88 - 34,447 = 0,433 \text{ мм} = 433 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 1}^{np.} = 34,447 - 32,69 = 1,757 \text{ мм} = 1757 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 4}^{np.} = 35,00 - 34,883 = 0,117 \text{ мм} = 117 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 3}^{np.} = 34,883 - 34,72 = 0,163 \text{ мм} = 163 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 2}^{np.} = 34,72 - 34,197 = 0,523 \text{ мм} = 523 \text{ мкм}.$$

$$2z_{\max 1}^{np.} = 34,197 - 31,09 = 3,107 \text{ мм} = 3107 \text{ мкм}.$$

Загальний припуск визначають як

$$2z_{0\min} = 1757 + 433 + 103 + 42 = 2335 \text{ мкм},$$

$$2z_{0\max} = 3107 + 523 + 163 + 117 = 3910 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск

$$z_{0\text{НОМ}} = z_{0\min} + B_3 + B_D = 2335 + 300 - 25 = 2610 \text{ мкм},$$

$$d_{3\text{НОМ}} = d_{D\text{НОМ}} - z_{0\text{НОМ}} = 35,00 - 2,61 = 32,39 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків

$$\begin{aligned}
 z_{\max 4}^{np.} - z_{\min 4}^{np.} &= 3107 - 1757 = 1350 \text{ мкм}; & \delta_5 - \delta_4 &= 1600 - 250 = 1350 \text{ мкм}; \\
 z_{\max 3}^{np.} - z_{\min 3}^{np.} &= 523 - 433 = 90 \text{ мкм}; & \delta_4 - \delta_3 &= 250 - 160 = 90 \text{ мкм}; \\
 z_{\max 2}^{np.} - z_{\min 2}^{np.} &= 163 - 103 = 60 \text{ мкм}; & \delta_3 - \delta_2 &= 160 - 100 = 60 \text{ мкм}. \\
 z_{\max 1}^{np.} - z_{\min 1}^{np.} &= 117 - 42 = 75 \text{ мкм}; & \delta_2 - \delta_1 &= 100 - 25 = 75 \text{ мкм}.
 \end{aligned}$$

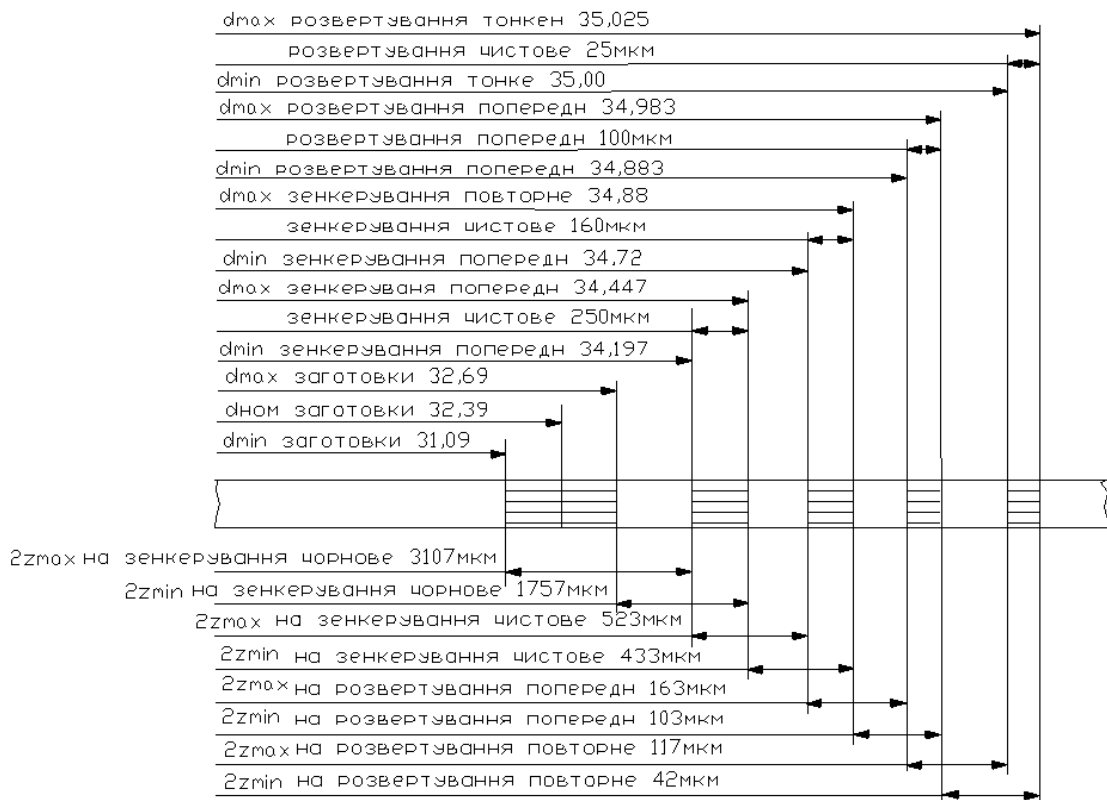


Рисунок 2.4. Припуски та допуски на обробку поверхні $\varnothing 35H7$

2.5.2 Табличний метод призначення припусків

На інші оброблювані поверхні корпусу припуски і допуски вибираємо по таблицям (ГОСТ 26645-85) і записуємо їх значення в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Зведена таблиця припусків

Поверхня	Маршрут	Шорсткість	Припуск на поверхню	Розмір з допуском	Кількість проходів
66H14	Заготовка	Rz80		60(±0.4)	
	Фрез. нач	Ra6.3	5.6	66.4(±0.3)	2
	Шліфувати	Ra3.2	0.4	66H14	2
90H14	Заготовка	Rz80		95(±0.4)	
	Фрез. нач	Ra6.3	4.6	90.4(±0.3)	2
	Шліфувати	Ra3.2	0.4	90H14	2
Ø32H7	Заготовка	Rz80		28.5(±0.4)	
	Розточ.чор	Ra3.2	3 мм	31.5 ⁽⁺¹⁹⁰⁾ ₀	1
	Розточ.чист	Ra2.5	0.4 мм	31.9 ⁽⁺⁷⁹⁾ ₀	1
	Розточ.тон	Ra1.0	0.1 мм	32H7 (⁺³⁰ ₀)	1

2.6 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Для виконання технологічних операцій вибираємо моделі верстатів, різальний інструмент, вимірювальний інструмент та верстатні пристрої. Розробку технологічних операцій механічної обробки по переходах зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. Операції механічної обробки

№ опе р.	Маршрут Обробки	Верс тат	Інструмент		Пристрої
			Різальний	Контор.	
1	2	3	4	5	6
005	Заготівельна				
010	Вертикально - фрезерна Установ А 1.Фрезерувати базовий торець начорно Установ Б 1.Фрезерувати базовий торець начисто	6540	Фреза торцева ГОСТ 24359-80 ВК6 , D=100,d=32, Z=10	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80 Шаблони Калібр- пробки	Пристрій спеціальний верстатний
015	Вертикально - свердлувальна Установ А 1. Свердлування 2. Зенкерування чорнове 3. Зенкерування чистове 4. Розвірчування норм. 5. Розвірчування точне Установ Б 1. Свердлування 2. Зенкерування чорнове 3. Зенкерування чистове	2P135 Ф2	Свердла спіральні ВК8 ГОСТ 10903-71 d=13; (d=7;L=133;l=52)L =199; l=52; Зенкери (ВК8) цільні з конічним хвостовиком ГОСТ 12489-71 D=12.5; (D=12);L=160;l=80; Розвіртки ГОСТ1672-80 ВК8; D=14;(D=13,5);L=1 50;l=30; Зенкери (ВК8) цільні з конічним хвостовиком ГОСТ 21544-76; D=7,8; (D=8); L=156;l=18.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатний

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6
020	Вертикально - фрезерна Установ А 1.Фрезерувати базовий торець начисто Установ Б 1.Фрезерувати базовий торець начисто	6540	Фреза торцева ГОСТ 24359-80 D=100; d=32; z=10.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатний
025	Плоскошліфувальна Установ А 1.Шліфувати базовий торець начисто Установ Б 1.Шліфувати базовий торець начисто	3П722	Чашка конічна (ЧК) D=125; H=55; d=88; 5С; зернистість 125-50.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатний
030	Фрезерна – ЧПК 1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	VF-1	Кінцеві фрези з конічним хвостовиком ГОСТ 17026-71 d=20; L=140; l=38; z=5; d=32; L=155; l=53; z=6.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80 Калібри	Пристрій спеціальний верстатний
035	Фрезерно-розточувальна – свердлувальна 1.Розфрезерувати 2.Розточування чорнове 3.Розточування чистове 4.Зенкерування попереднє 5.Зенкерування кінцеве 6.Розточування чорнове 7.Розточування чистове 8.Нарізання фаски	VF1 фірми HAAS	Торцева насадна фреза BK8 ГОСТ 9304- 69 D=63; L=40; d(H7)=27;z=10; Різець ГОСТ 9795- 73 BK8. Державка ГОСТ 19019-73; Зенкери насадні зі вставними ножами BK8 ГОСТ 2255-71 D=79,1;(D=79,6); L=76; l=60; d=25; Розвіртки машинні зі вставними ножами BK6 ГОСТ 883-80 D=79.8;(D=79.95); L=90; l=56;Хон D=80;Зенківка ГОСТ14953-69	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатний

Закінчення табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6
040	Горизонтально – розточувальна 1. Зенкерування чорнове 2. Зенкерування чистове 3. Розвірчування однократне 4. Розверстування двократне 5. Розточування 6. Зенкерування чорнове 7. Зенкерування чистове 8. Розвірчування однократне 9. Розвірчування двократне 10. Фрезерування чорнове 11. Фрезерування чистове 12. Свердлування 13. Розвірчування 14. Нарізання різьби	262А	Зенкери (ВК8) цільні з конічним хвостовиком ГОСТ 12489-71 D=34.2; (D=37.7); Розвертки ГОСТ1672-80 ВК8; D=34.9;(D=35); Зенкери (ВК8) цільні з конічним хвостовиком ГОСТ 21544-76; D=23.2;(D=23.7); L=160;l=80; Розвертки ГОСТ1672-80 ВК8; D=23.9;(D=24);L=250; l=80; Торцева фреза з мех. кріпленням квадратних пластин із твердого сплаву ГОСТ 22085-76 D=50; L=167; z=5; Розвертка ГОСТ 1672-80 D=2.5; L=80; l=15; Мітчик ГОСТ 3266-81 D=3,5;	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатній

2.7 Призначення режимів різання

2.7.1 Аналітичним методом

Зенкерування поверхні $\varnothing 35$ (начорно)

1. Вибір інструмента

Вибираємо зенкер цільний з конічним хвостовиком. Матеріал ВК6

2. Глибина різання

$$t = 1,6 \text{ мм.}$$

3. Подача

$$S = 1,2-1,5 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 1,3$ мм/об згідно паспорта верстата.

4. Швидкість різання

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.6)$$

де C_v , m , x , y - зміні параметри; $C_v = 105$, $x = 0.15$, $y = 0.45$; $m = 0.4$; $q = 0.4$; [8]

T -стійкість різця, $T = 50$ хв.

K_v - поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (2.7)$$

де K_{nv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі, $K_{nv} = 0.83$ [8];

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструмента, $K_{iv} = 0.85$ [8];

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.8)$$

де n_v - коефіцієнти; $n_v = 1.3$ [8]

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{210} \right)^{1.3} = 0.935,$$

$$K_v = 0.935 \cdot 0.83 \cdot 0.85 = 0.659;$$

$$v = \frac{105 \cdot 32^{0.4}}{50^{0.4} \cdot 0.3^{0.15} \cdot 1.3^{0.45}} \cdot 0.659 = 51.46 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 51.46}{3.14 \cdot 32} = 511.88 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо 500 об/хв згідно паспорта верстата

$$v = \frac{3.14 \cdot 32 \cdot 500}{1000} = 50.26 \text{ м/хв.}$$

6. Визначення сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.9)$$

де C_p , x , y , n - зміні параметри, $C_m = 0,196$, $x = 0,8$, $y = 0,7$, $q = 0,85$; [8]

$C_p = 46$; $x = 1,0$; $y = 0,4$;

K_p - поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}, \quad (2.10)$$

де $K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}$ - коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$K_{fp} = 0,885$, $K_{gp} = 1$, $K_{lp} = 1$, $K_{rp} = 1$;

K_{mp} - коефіцієнт, що враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (2.11)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{210}{190} \right)^1 = 1,105, ,$$

$$K_p = 0,885 \cdot 0,93 \cdot 1 = 0,83$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,3^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 118^0 \cdot 0,83 = 402 \text{ Н.}$$

7. Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{402 \cdot 50.26}{1020 \cdot 60} = 3.6 \text{ кВт.},$$

8. Перевірка можливості обробки на верстаті 262А

$$N_{\text{шп}} \geq N_p$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10 \cdot 0.85 = 8.5 \text{ кВт.}$$

Так як $N_{\text{шп}} = 8.5 \text{ кВт} > N_p = 3.6 \text{ кВт}$ то обробка на даному верстаті можлива

9. Час обробки

$$t = \frac{(L + \Delta + Y) \cdot i}{S_0 \cdot n}, \quad (2.12)$$

де Δ - величина врізання, $\Delta = 5 \text{ мм}$.

Y - величина перебігу, $Y = 5 \text{ мм}$.

L - довжина обробки, $L = 119 \text{ мм}$.

i - кількість переходів, $i = 1$.

$$t = \frac{(119 + 5 + 5) \cdot 1}{1.3 \cdot 500} = 0.198 \text{ хв.}$$

2.7.2 Табличним методом

Призначимо режими різання для свердлування отвору 5,2 мм.

1. Вибір інструменту

Використовуємо свердло спіральне з циліндричним хвостовиком із Р6М5 за ГОСТ10902-77

2. Глибина різання

$$t = 0.5D = 0.5 \cdot 5.2 = 2.6 \text{ мм}$$

3. Подача $S = 0.2 \text{ мм/об}$

4. Швидкість $V_m = 6 \text{ м/хв}$

$$V = V_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.13)$$

де K_1, K_2, K_3 - поправочні коефіцієнти

$$K_1 = 1.3, K_2 = 1.2, K_3 = 0.8,$$

$$V = 6 \cdot 1.3 \cdot 1.2 \cdot 0.8 = 7.8 \text{ м/хв.}$$

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot d) = (1000 \cdot 7.8) / (3.14 \cdot 5.2) = 480 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 500 \text{ об/хв.}$ по паспорту верстата

5. Осьова сила різання $P_o = 213 \text{ Н.}$

6. Потужність при обробці

$$N_p = N_t \cdot K \cdot n / 1000, \quad (2.14)$$

де K - поправочний коефіцієнт, $K = 0.6$ $N_t = 0.7$

$$N_p = 0.7 \cdot 0.6 \cdot 500 / 1000 = 0.21 \text{ кВт}$$

7. Час обробки

$$T = (L + y + \Delta) \cdot i / (S \cdot n), \quad (2.15)$$

де $L = 12 \text{ мм}; y = 1 \text{ мм}; \Delta = 2 \text{ мм}$

$$T = (12 + 1 + 2) / (0.2 \cdot 500) = 0.15 \text{ хв.}$$

Усі інші режими розраховуються табличним методом і результати зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. Режими різання

Назва переходу	S _Z , мм/зу б	t, мм	S _o , мм/об	S _{xв} , мм/х в	V, м/хв	n, об/хв	P, Н	N _p /N _в	T _{0,хв}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 Вертикально - фрезерна Установ А Фрезерувати базовий торець	0.25	2.5	1.5	87.5	109.9	350	492. 5	0.88/6. 37	2.25
Установ Б Фрезерувати базовий торець	0.25	2.5	1.5	87.5	109.9	350	492. 5	0.88/6. 37	
015 Вертикально - свердлувальна Установ А									
1. Свердлування		4.6	0.4	126	11	315	820	0.21/3.	0.18
2. Зенкерування чорнове		0.8	0.12	106	98.3	287	642	0 0.5/3.0	0,12
3. Зенкерування чистове		0.3 0.2	0.15 0.08	66 165	103.6 78.32	315 287	715 688	0.3/3.0 0.2/3.0	0,14 0,13
4. Розвірчування норм.		0.1	0.06	106	79.68	293	701	0.2/3.0	0,136
5. Розвірчування точне									
Установ Б									
1. Свердлування		2.6	0.2	80	64.8	315	715	0.21/3.	0,14
2. Зенкерування чорнове		0.8	0.12	156	56.6	256,2	656	0 0.6/3.0	0,128
3. Зенкерування чистове		0.36	0.15	166	58.2	287,9	679	0./3.0	0,13

2.8 Розрахунок норм часу

Приведемо розрахунок нормування операції, а саме 015 і приведемо в записці, а інші розраховуються і результати зводяться в таблицю 10.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу, $T_{ш.к.}$

$$T_{ш.к.} = \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.16)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.17)$$

де $T_{шт.}$ - штучний час обробки деталі, хв.;

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заклучний час на обробку, хв. ;

n - кількість деталей в партії, що налагоджується;

T_o -основний час обробки, хв. ;

T_b - допоміжний час обробки, хв. ;

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

$T_{від}$ - час відпочинку, хв.

$$T_o = 2.35 \text{ хв.}$$

$$T_b = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.18)$$

де $T_{вст}$ - час встановлення та зняття деталі, хв. ;

$T_{з.о}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, хв. ;

$T_{кер}$ - час на керування верстатом, хв. ;

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.

$$T_{вст} = 0.14 \cdot 1.5 = 0.21 \text{ хв.}, [11]$$

$$T_{кер} = (0.01 + 0.035 + 0.05 + 0.04 \cdot 4) \cdot 1.5 = 0.382 \text{ хв.}, [11]$$

$$T_{з.о.} = 0.02 \text{ хв.}, [11]$$

$$T_{вим} = (0.16 + 0.18) \cdot 1.5 = 0.51 \text{ хв.}$$

$$T_B = 0.21 + 0.382 + 0.02 + 0.51 = 1.122 \text{ хв.}$$

де 1.5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - багатосерійний, [11]

$$T_{O.B.} + T_{ВЦ.} = \Pi_{OБ.ВЦ} \cdot \left(\frac{T_O + T_E}{100} \right), \quad (2.19)$$

де $\Pi_{OБ.ВЦ}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$\Pi_{OБ.ВЦ} = 6 \%, [11]$$

$$T_{O.B.} + T_{ВЦ.} = 6 \cdot \left(\frac{2.35 + 1.122}{100} \right) = 0.208 \text{ хв.},$$

$$T_{шт.} = 2.35 + 1.122 + 0.208 = 3.67 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з.} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв.}, [11]$$

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.20)$$

де a - періодичність запуску деталей, $a = 12$ днів.

$$n = \frac{11900 \cdot 12}{254} = 562.2.$$

Виконуємо корегування, яке полягає в визначенні числа змін та партій деталей за зміну.

$$C = \frac{T_{шт.т.} \cdot n_p}{476 \cdot 0.8} = \frac{3,53 \cdot 562.2}{476 \cdot 0.8} = 5.211.$$

Приймаємо $C_{пр} = 2$ зміни.

$$n_{пр.} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{3,53} = 215,7.$$

Тоді

$$T_{шт.к.} = \frac{23}{215,7} + 3,53 = 3,63. \text{ хв.}$$

Розрахунки норм на операції заносимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6

	To	Tвст	Tз	Tкер	Tвим	Tдоп	Tоб+Tвід	Tшт	Tп.з	Tшт.к
010	2.35	0.21	0.046	0.795	0.592	1.643	0.24	4.23	8	4.27
015	1.96	0.21	0.024	0.247	0.89	1.37	0.199	3.53	23	3.63
020	2.35	0.21	0,046	0.795	0.55	1.601	0.237	4.18	20	4.3
025	0.98	0.21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	2.02	20	2.07
030	0.76	0.21	0,024	0.79	0.46	1.48	0.134	2.37	19	2.43
035	10.51	0.21	0.024	0.472	2.22	2.92	0.805	14.23	11	14.4
040	5.505	0.21	0.024	0.51	1.16	1.904	0.44	7.85	7	7.92

2.9 Оформлення технологічної документації

Проводимо оформлення технологічної документації. Заповнюємо карти: маршрутного технологічного процесу та операційного з ескізами операцій. Технічну документацію представлено у додатках.

3 Конструкторський розділ

3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів

Згідно із завданням необхідно спроектувати пристрій для свердлування отворів на 015 операції для верстата з ЧПК.

3.1.1 Вибір схеми базування та закріплення деталі

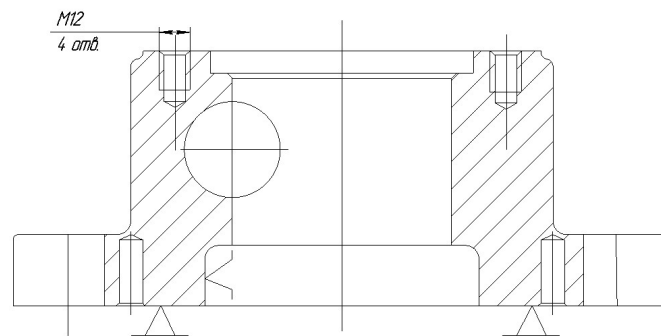


Рисунок 3.1 – Схема базування

3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

В якості установочних елементів використовуємо гладку циліндричну поверхню - палець на який деталь встановлюється отвором $\varnothing 32H7$, а базовим торцем деталь встановлюється на плиту і закріплюється прихватом.

3.1.3 Розрахунок точності обробки

Допустима похибка обробки [15]:

$$\Delta_{\text{доп}} = T - k \cdot w, \quad (3.1)$$

де T - допуск на відповідний розмір, $T = 0.12 \text{ мм}$

k - поправочний коефіцієнт, $k = 1.2$

w - похибка верстата, $w = 0.02 \text{ мм}$

Похибка установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{пр}}^2}, \quad (3.2)$$

де ξ_{δ} - похибка базування,

$$\xi_{\delta} = 0.5 \cdot T_d (1/\sin\alpha - 1) = 0.5 \cdot 0.12 (1/\sin 45 - 1) = 0.02 \text{ мм.}$$

ξ_3 - похибка закріплення, $\xi_3 = 0.012 \text{ мм}$ [15].

$\xi_{\text{пр}}$ - похибка пристрою,

$$\xi_{\text{пр}} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) \cdot 0.3 = (0.075 \dots 0.03) \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{\text{пр}} = 0.03 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0.02^2 + 0.012^2 + 0.03^2} = 0.038 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{доп}} = 0.12 - 1.2 \cdot 0.02 = 0.096 \text{ мм.}$$

Так як $\Delta_{\text{доп}} > \epsilon_y$ то пристрій сконструйовано вірно і забезпечує необхідну точність оброблення.

3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

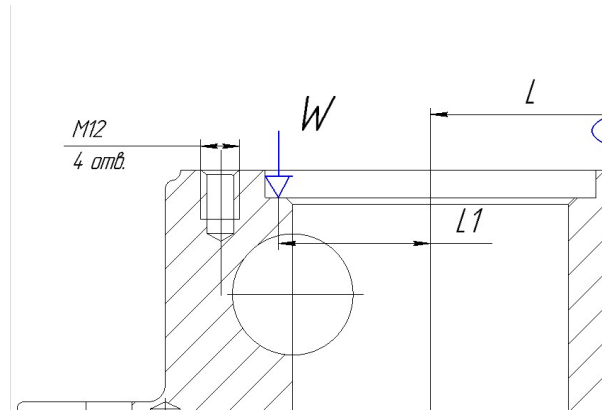


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення

Розрахунок сили затиску ведемо з рівняння рівноваги заготовки:

$$M_p \cdot k \cdot L = W \cdot L_1,$$

де $L = 60$ мм.;

$L_1 = 65$ мм;

$K = 1,5$. $N = 0,21$ кВт. 3 режимів різання.

$$M_p = 10 \frac{N \cdot 9549}{n} = \frac{0,21 \cdot 9549}{316} = 256 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

звідки

$$W = \frac{M_p k L}{L_1} = \frac{256 \cdot 1,5 \cdot 60}{65} = 356 \text{ Н}.$$

Сила на штокові дорівнює силі затиску $Q = W/2 = 356/2 = 182,5 \text{ Н}$.

3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

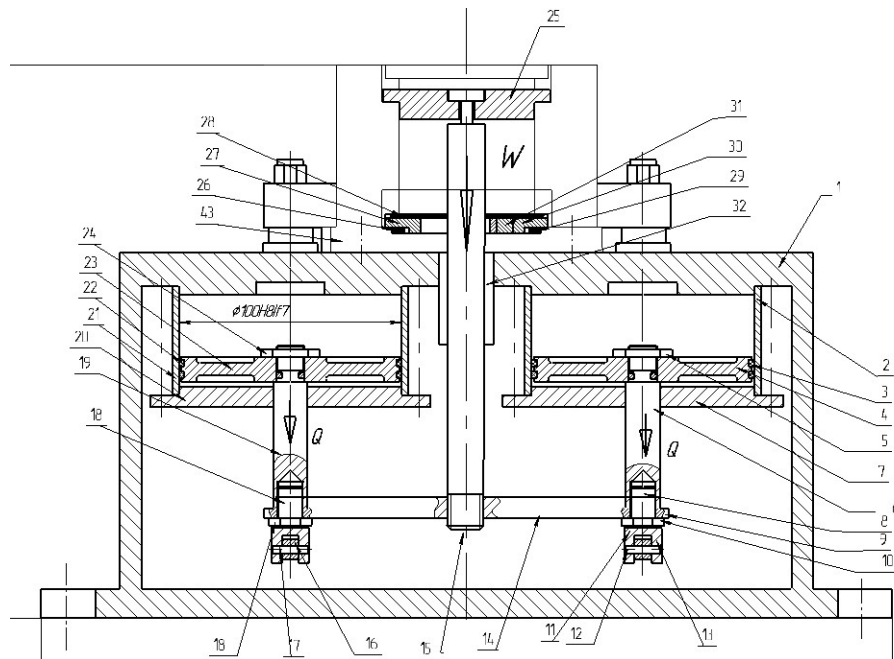


Рисунок. 3.3 – Загальний вигляд приводу пристрою

Розрахунок розміру пневмоциліндра ведемо за формулою [13]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 182,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,98}} = 24,3 \text{ мм.}$$

Дана конструкція пристрою дозволяє швидко переналагоджувати на інші деталі корпусного типу для виконання свердлування отворів більших діаметрів тому приймаємо діаметр пневмоциліндра 100 мм.

3.1.6 Розрахунок на міцність елемента пристрою

Визначимо найбільш навантажені елементи верстатного пристрою [18].

Розрахунку на міцність підлягає різьбове з'єднання кріплення кришки пневмоциліндра.

Діаметр болта визначається за формулою:

$$d = \sqrt{4Q / (\pi\sigma)}, \quad (3.3)$$

де Q - сила що діє на болт, $Q = 3140$ Н.;

σ - допустиме значення межі текучості для болта (матеріал болта Сталь 35 ГОСТ1050-88), $\sigma = 320$ Н/мм.

$$d = \sqrt{4 * 3140 / (120 * 3.14)} = 5.7 \text{ мм.}$$

Для кріплення кришки вибрано болти М8.

Отже умова міцності виконана діаметр болта М8 > 5,7 мм, розміри болта вибрано вірно.

3.1.7 Принцип роботи пристрою

Деталь встановлюється на площину корпусу пристрою та отвором на тягу з розтискною шайбою. На тягу, попередньо виконавши орієнтацію корпусу, встановлюємо швидкозмінну шайбу. Подаємо стиснене повітря у пневмоциліндри і штоки їх при русі униз діють на коромисло, яке з'єднане з Г- подібними при хватами та тягою. Деталь встановлена і затиснута.

3.2 Проектування контрольного пристрою

3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для даної деталі, контролю підлягає розмір міжцентрової відстані двох отворів у торці, цей параметр можна перевірити за допомогою запроєктованого контрольно-вимірального пристрою, який в корпусі містить підпружинений щуп, що клинковою поверхнею взаємодіє з ніжкою індикатора годинникового типу.

3.2.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Згідно рекомендацій [14], вибираємо наступну схему контролю. Схема зображена на рис. 2.4.

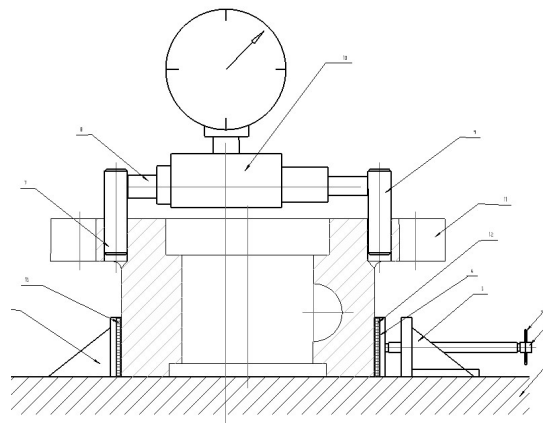


Рисунок 3.4 – Схема вимірювання параметру контролю

3.2.3 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка вимірювання пристрою визначається за формулою [13]:

$$\xi_{\text{д.вим.}} = 0,3T, \quad (3.4)$$

де T -допуск вимірювання, $T = 0.05$ мм.

Похибка пристрою,

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_e^2} \quad (3.5)$$

де ε_y – похибка виготовлення установочних елементів пристосування,

$$\varepsilon_y = 0 \text{ мм}$$

ε_{zn} – похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{zn} = 0,01$ мм [15];

ε_e – похибка вимірювального пристрою, мкм;

Вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ з ціною поділки 0.01 мм. та похибкою вимірювання 0,008 мм по ГОСТ 868-82.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,008^2} = 0,013 \text{ мм}$$

$$\xi_{д.вим.} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм.}$$

Таким чином фактична похибка контрольно-вимірювального пристрою $\varepsilon_{np} = 0,013$ мм менше ніж допустима похибка $\varepsilon_{доп} = 0,015$ мм., тобто пристрій придатний для контролю

3.2.4 Принцип роботи пристрою

Деталь встановлюється на стіл із затиском та закріплюється. В один і другий отвір деталі вставляються штифти. Налагоджуємо індикатор на розмір по шаблону (створюємо попередній натяг) і встановлюючи пристрій між штифтами знімаємо покази індикатора.

4 Охорона праці

4.1 Захист від вібрації

Вібрація це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. Для людини вібрація є видом механічного впливу, який має негативні наслідки для організму [19].

«Причиною появи вібрації є неврівноважені сили та ударні процеси в діючих механізмах. Створення високопродуктивних потужних машин і швидкісних транспортних засобів при одночасному зниженні їх матеріалоемності неминуче призводить до збільшення інтенсивності і розширення спектру вібраційних та віброакустичних полів.

Цьому сприяє також широке використання в промисловості і будівництві високоефективних механізмів вібраційної та віброударної дії.

Дія вібрації може приводити до трансформування внутрішньої структури і поверхневих шарів матеріалів, зміни умов тертя і зносу на контактних поверхнях деталей машин, нагрівання конструкцій. Через вібрацію збільшуються динамічні навантаження в елементах конструкцій, стиках і сполученнях, знижується несуча здатність деталей, ініціюються тріщини, виникає руйнування обладнання. Усе це приводить до зниження строку служби устаткування, зростання імовірності аварійних ситуацій і зростання економічних витрат. Вважають, що 80% аварій в машинах і механізмах здійснюється внаслідок вібрації.

Крім того, коливання конструкцій часто є джерелом небажаного шуму. Захист від вібрації є складною і багатоплановою в науково-технічному та важливою у соціально-економічному відношеннях проблемою нашого суспільства» [19].

«За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну (місцеву) вібрацію. Загальна вібрація та, що викликає коливання всього організму, а місцева (локальна) – втягує в коливальні рухи лише окремі частини тіла (руки, ноги).

Локальна вібрація, що діє на руки людини, утворюється багатьма ручними машинами та механізованим інструментом, при керуванні засобами транспорту та машинами, при будівельних та монтажних роботах.

Загальну вібрацію *за джерелом* виникнення поділяють на такі категорії:

Категорія 1 – транспортна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях самохідних та причіпних машин, транспортних засобів під час руху по місцевості, агрофонах і дорогах (в тому числі при їх будівництві).

Категорія 2 – транспортно-технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях машин з обмеженою рухливістю та таких, що рухаються тільки по спеціально підготовленим поверхням виробничих приміщень, промислових майданчиків та гірничих виробок.

До джерел транспортної вібрації відносять, наприклад, трактори сільськогосподарські та промислові, самохідні сільськогосподарські машини; автомобілі вантажні (в тому числі тягачі, скрепери, грейдери, котки та ін.); снігоприбирачі, самохідний гірничошахтний рейковий транспорт.

До джерел транспортно-технологічної вібрації відносять, наприклад, екскаватори (в тому числі роторні), крани промислові та будівельні, машини для завантаження мартенівських печей (завалочні), гірничі комбайни, самохідні бурильні каретки, шляхові машини, бетоноукладачі, транспорт виробничих приміщень.

Категорія 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації» [19].

До джерел технологічної вібрації відносяться, наприклад, верстати та

метало- деревообробне, пресувально-ковальське обладнання, ливарні машини, електричні машини, окремі стаціонарні електричні установки, насосні агрегати та вентилятори, обладнання для буріння свердловин, бурові верстати, машини для тваринництва, очищення та сортування зерна (у тому числі сушарні), обладнання промисловості будматеріалів (крім бетоноукладачів), установки хімічної та нафтохімічної промисловості і т. ін.

«Загальну технологічну вібрацію за *місцем дії* поділяють на такі типи:

- а) на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств;
- б) на робочих місцях складів, їдалень, побутових, чергових та інших виробничих приміщень, де немає джерел вібрації;
- в) на робочих місцях заводууправлінь, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат та інших приміщень для працівників розумової праці.

За *джерелом виникнення локальну вібрацію* поділяють на таку, що передається від:

- ручних машин або ручного механізованого інструменту, органів керування машинами та устаткуванням;
- ручних інструментів без двигунів (наприклад, рихтувальні молотки) та деталей, які оброблюються.

За *часовими характеристиками* загальні та локальні вібрації поділяють на:

- постійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється менше ніж у 2 рази (менше 6 дБ) за робочу зміну;
- непостійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ і більше) за робочу зміну» [19].

4.1.1 Вплив вібрації на людину

«Вплив вібрації на людину залежить від її спектрального складу, напрямку дії, прикладення, тривалості впливу, а також від індивідуальних особливостей людини.

При оцінці вібраційного впливу потрібно враховувати, що коливальні процеси притаманні живому організму. В основі серцевої діяльності і кровообігу та біострумів мозку лежать ритмічні коливання.

Внутрішні органи людини можна розглядати як коливальні системи з пружними зв'язками. Частоти їх власних коливань лежать у діапазоні 3...6 Гц. Частоти власних коливань плечового пояса, стегон і голови щодо опорної поверхні (положення стоячи) складають 4...6 Гц, голови щодо пліч (положення сидячи) 25...30 Гц.

При впливі на людину зовнішніх коливань (хитавиці, струсів, вібрації) відбувається їхня взаємодія з внутрішніми хвильовими процесами, виникнення резонансних явищ. Так, зовнішні коливання частотою менш 0,7 Гц утворюють хитавицю і порушують у людини нормальну діяльність вестибулярного апарата. Інфразвукові коливання (менш 16 Гц), впливаючи на людину, пригнічують центральну нервову систему, викликаючи почуття тривоги, страху. За певної інтенсивності на частоті 6...7 Гц інфразвукові коливання, втягуючи у резонанс внутрішні органи і систему кровообігу, здатні викликати травми, розриви артерій, тощо.

Вібрація, що діє на людину, має широкий діапазон – від десятих часток до декількох тисяч Гц. Характерними рисами шкідливого впливу вібрації на людину є можливі зміни у функціональному стані: підвищена втома, збільшення часу моторної реакції, порушення вестибулярної реакції. Медичними дослідженнями встановлено, що вібрація є подразником

периферичних нервових закінчень, розташованих на ділянках тіла людини, що сприймають зовнішні коливання» [19].

«Адекватним фізичним критерієм оцінки її впливу на організм людини є коливальна енергія, що виникає на поверхні контакту, а також енергія, поглинена тканинами і передана опорно-руховому апарату й іншим органам. У результаті впливу вібрації виникають нервово-судинні розлади, ураження кістково-суглобної й інших систем організму. Відзначаються, наприклад, зміни функції щитовидної залози, сечостатевої системи, шлунково-кишкового тракту. Так, медичні дослідження показали, що у працюючих в умовах вібрації відбуваються значні зміни кістково-суглобної системи, які виражаються у функціональній перебудові кісткової тканини, регіональному остеопорозі, кистоподібних утвореннях у кістках, хронічних переломах. Відзначається, що терміни виникнення змін у кістках у працівників вібраційних професій коливається в межах від 6–8 місяців до 2–5 років.

Шкідливість вібрації збільшується при одночасному впливі на людину таких факторів, як знижена температура, підвищені рівні шуму, запиленість повітря, тривала статична напруга м'язів і т. ін.

Сучасна медицина розглядає виробничу вібрацію як значний стрес-фактор, що має негативний вплив на психомоторну працездатність, емоційну сферу і розумову діяльність людини, що підвищує ймовірність виникнення різних захворювань і нещасних випадків. Особливо небезпечний тривалий вплив вібрації для жіночого організму. Цей широкий комплекс патологічних відхилень, викликаний впливом вібрації на організм людини, кваліфікується як віброзахворювання.

Дослідження показали, що вібраційна хвороба може тривалий час протікати компенсовано, коли хворі зберігають працездатність, не звертаються за лікарською допомогою. З часом систематичний вплив вібрації обумовлює загострення хвороби, яка може мати три стадії (ступеня) тяжкості. Відновлення

порушених функцій протікає дуже повільно, а в окремих випадках настають необоротні зміни, що приводять до інвалідності. Таким чином, вібрація має значний вплив як на працездатність людини, так і на стан її здоров'я. Серед професійних патологій вібраційна хвороба займає одне з перших місць» [19].

4.1.2 Методи захисту від вібрацій

«Заходи, щодо захисту від дії вібрації поділяють на *технічні, організаційні* та *лікувально-профілактичні*. Також вони можуть бути розподілені як колективні та індивідуальні.

До технічних заходів відносять:

- зниження вібрації в джерелі її виникнення (вибір на стадії проектування кінематичних і технологічних схем, які знижують динамічні навантаження в устаткуванні);
- зниження діючої вібрації на шляху розповсюдження від джерела виникнення (вібропоглинання, віброгасіння, віброізоляція) ;

До організаційних заходів відносять:

- організаційно-технічні (своєчасний ремонт та обслуговування обладнання за технологічним регламентом, контроль вібрації, дистанційне керування вібронебезпечним обладнанням);
- організаційне – режимні (режим праці та відпочинку, заборону залучення до вібраційних робіт осіб молодших 18 років, тощо);

До лікувально-профілактичних заходів відносяться:

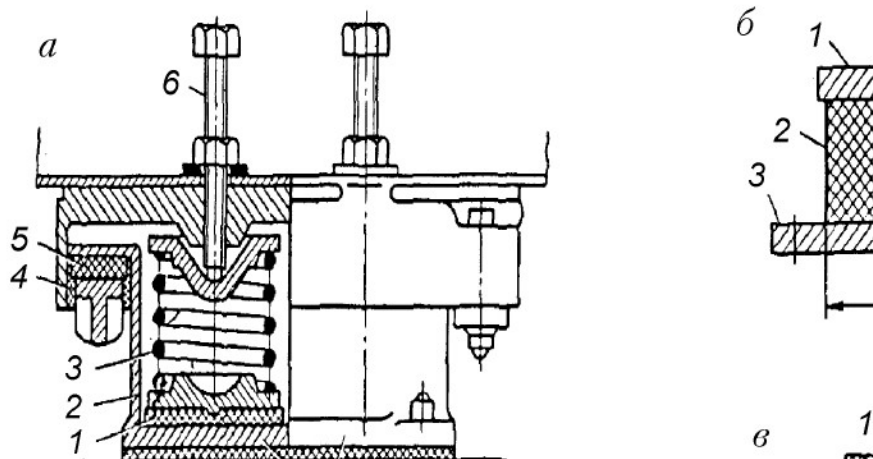
- медичний огляд;
- лікувальні процедури (фізіологічні процедури, вітаміно- та фітотерапія).

Найбільш важливим напрямком захисту від вібрації є конструктивні методи зниження віброактивності машин та механізмів – зменшення діючих

змінних сил у конструкції та зміна її параметрів (жорсткості, приведеної маси, сили тертя демпферного пристрою)» [19].

Для зниження дії вібрації на обладнання та людину широко використовують метод віброізоляції – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, яке послаблює передавання вібрації об'єкту, що підлягає захисту. Для віброізоляції машин з вертикальною збуджуючою силою використовують віброізолюючі опори у вигляді пружин, пружних прокладок (наприклад, гума) та їх комбінації (рис. 4.1).

них прокладок (наприклад, гума) та їх комбінації (р



Риснок 4.1. Конструкції віброізоляторів для механічного устаткування

«У випадках, коли технічними засобами не вдається зменшити рівень вібрацій до норми, передбачають забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) можуть застосовуватися як для всього тіла людини, так і окремо для ніг та рук.

У якості таких засобів використовують віброізолюючі рукавиці і віброізолююче взуття, які мають пружні прокладки, що захищають працівника від впливу високочастотної місцевої вібрації. Ефективність таких рукавиць та взуття не дуже висока, тому що товщина вказаних прокладок не може бути дуже великою. Через це вони не дають помітного зменшення вібрацій на низьких частотах, а на високих (більш 100 Гц) їх ефективність зменшується за

рахунок хвильових властивостей тканин людського тіла. Засоби індивідуального захисту (взуття, рукавиці і т. ін.) від шкідливого впливу загальної та локальної вібрації повинні відповідати вимогам. Для зниження впливу локальної вібрації, що діє під час роботи з перфораторами та відбійними молотками використовують спеціальні пристрої до ручки керування (з елементами пружності, які згинаються, стискаються або скручуються, з телескопічними або шарнірними елементами)» [19].

5 Висновки

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки з метод отримання заготовки по виплавлюваним моделям.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатного пристрою для свердлування. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

В розділі охорони праці приведено дані по захисту від вібрацій.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки з курсового проектування по технології машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», денної і заочної форм навчання / В.Д. Каразей, Л.В. Присяжний, Ю.В. Савицький – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 110 с.
2. Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.
3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
4. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Шабайкович В.А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
6. Технологія машинобудування. [Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
7. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
8. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник [В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін.], за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
10. Залога В.О. О.О. Залога О.О., В.Д. Гончаров В. Д. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник.; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.

11. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.
12. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
13. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
14. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
15. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
16. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.
17. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
18. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
19. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.
20. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка