

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Вентиль 211-428-01» з використанням
верстатів з ЧПК

Назва теми

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.ПМ ФІТА.24.02.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-21-2
Шифр


Підпис

Максим ГУЦ
Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

Керівник докт. техн. наук, професор
Науковий ступінь, звання


Підпис

Анатолій ГОРДЕСВ
Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИШ
Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

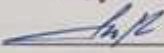
Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

Дата «24» 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ Віталій ТКАЧУК1. 03 2024**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Гуцу Максиму Юрійовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Вентиль 211-428-01» з використанням верстатів з ЧПК

керівник дипломної роботи Гордєєв Анатолій Іванович, д.т.н., професор
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. №8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до роботи: кресленник деталі Вентиль 211-428-01 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 1 тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленік деталі (1 лист А2); кресленік заготовки (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленік карти наладки (1 лист А2); кресленік верстатного пристрою (1 лист А1); кресленік контрольного пристрою –калібра-скоби(1 лист А4).

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2024	
2 Технологічний розділ	20.04.2024	
3 Конструкторський розділ	20.05.2024	
4 Охорона праці	10.06.2024	

Студент


Підпис

Максим ГУЦ
Ім'я, Прізвище

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Анатолій ГОРДЕСВ
Ім'я, Прізвище

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 «Вентиль 211-428-01» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Гуц Максим Юрійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Гордєєв А.І.

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, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий


Підтвердження:

завідувач кафедри

гарант освітньої програми


керівник кваліфікаційної роботи

 Віталій ТКАЧУК

 Володимир МІЛЬКО

Анатолій ГОРДЄЄВ

_____ Дата

 _____ Підписи

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Гуца М. Ю.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТс-21-2

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

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Гуц Максим Юрійович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вентиль 211-428-01" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Гуц М. Ю. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 2,56 %, добре 28,21 %, задовільно 69,23 %.
шкалою ЄКТС: А 1,79 %, В 1,79 %, С 21,43 %, D 28,57 %, E 46,43 %.

Методист факультету

[Підпис]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Гуц М.Ю. приступив до виконання дипломного проєкту своєчасно та виконав у встановлений термін. За період роботи над проєктом показав добрі знання та вміння керувати технічними завданнями. Проєкт оцінюється позитивно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]
(підпис)

Торощак М.А.
(ім'я, прізвище)

2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Гуц М. Ю. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

[Підпис]
Віталий ТКАЧУК
(підпис, ім'я, прізвище)

24 06 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Гуц Максима Юрійовича Технологія виготовлення деталі «Вентиль 211-428-01» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи Гуц М. Ю. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Вентиль із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме центру VF1 фірми HAAS (США).

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Вентиль, спроектовано свердлувальний верстатний пристрій, та для забезпечення операції контролю паралельності відповідальних поверхонь деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

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

В розділі охорони праці приведено дані про вплив параметрів мікроклімату на організм людини.

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 Гуц М. Ю. 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 Дихи О.В.
Засвідчую
Начальник відділу кадрів ХНУ



№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	54	
5	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.02.02.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.02.01.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.02.03.00	Карта наладки	1	
8	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.02.04.00	Графотехнологія	1	
9	A1	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.03.01.00.СК	Пристрій для свердлування	1	
10	A2	ДРБ.ПМ.ФІТА.24.03.02.00.	Пристрій для контролю	1	
11	A4		Завдання на ДП	1	
12	A4		Реферат	1	

					ДРБ.ПМ.ФІТА.24.00.00.ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Гуц				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв					4	
Н. Контр.	Бись				ХНУ-ПМТс-21-2		
Затвердив	Ткачук						
Відомість роботи							

Реферат

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Вентиль 211-428-01»
з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Гуц М. Ю. Керівник проекту : А. І. Гордєєв

Об'єм пояснювальної записки. 54. стор. Графічна частина.4 листа 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 про вплив параметрів мікроклімату на організм людини.

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

Автор проекту: Гуц М. Ю.

2024 р.

/Підпис/

Дата

ЗМІСТ

	Вступ.....	8
1	Загальний розділ	9
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	9
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	10
1.3	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі вентиль.....	11
1.4	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.5	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	13
2	Технологічний розділ	15
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання	15
2.2	Вибір технологічних баз.....	17
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі.....	18
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування.....	19
2.5	Розрахунок припусків.....	24
2.5.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 35 H7$	25
2.5.2	Табличний метод.....	26
2.6	Розробка технологічних операцій механічної обробки.....	27
2.7	Призначення режимів різання.....	28
2.7.1	Аналітичним методом	28

					ДРБ.ПМ.ФІМ.22.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі «Вентиль 211-428-01» з використанням верстатів з ЧПК (Пояснювальна записка)		
Розробив.	Гуц						
Перевірив	Гордєєв				ХНУ-ПМТс-21-2		
Н. Контр.	Бись						
Затвердив	Ткачук						

2.7.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів	33
2.8	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	34
2.9	Оформлення технологічної документації.....	35
3	Конструкторський розділ	37
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів.....	37
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	37
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	37
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	38
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	41
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	42
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	43
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	43
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	44
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	44
3.2.2	Вибір схеми контролю заданого параметру.....	44
3.2.3.	Розрахунок пристрою на точність.....	45
3.2.4	Принцип роботи пристрою.....	46
4	Охорона праці	47
5	Висновки.....	51
6	Список використаних джерел.....	52
	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].

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 підприємств машинобудівного комплексу» [11].

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Деталь «вентиль» є базовою деталлю виробу та на неї встановлюються інші елементи і виступає як напрямна для руху різьбового шпинделя, який перекриває потік рідини у трубопроводі виробу.

Деталь «вентиль» виготовляється з матеріалу Сталь 45Л ДСТУ 7809:2015.

1.3 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі вентиль

Для обробки деталі «Вентиль 211-428-01», 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 VF-1

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, H	11343,
Максимальне осеве зусилля по осі Z, H	18683,
Максимальний діаметр інструменту), мм	89» [12].

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно технічних вимог робочого кресленика можна сказати про наявність всіх даних для виготовлення деталі. Дана деталь відноситься до класу «корпусів» і вона в основному утворена поверхнями простої форми – плоскі та циліндричні. Складних конструктивних елементів немає.

Деталь «вентиль», досить технологічна, допускає високовиробничі режими обробки. На торці 64 мм необхідно витримати відхилення від перпендикулярності, яке становить 0.05 мкм, щоб не було перекосу гвинта.

1. Вибір матеріалу на деталь.

Для виготовлення даної деталі використаємо Сталь 45Л ДСТУ 7809:2015, що обумовлено вимогами конструкції та виготовлення деталі.

Таблиця 1 Хімічний склад та механічні властивості Сталі 45Л

C, %	Si, %	Mn, %	Не більше		Ni, %	Cr, %
			S, %	P, %		
0.4-0.5	0.17-0.37	0.5-0.8	0.04 5	0.045	0.3	0.3
σ_B , Мпа <	$\sigma_{міц}$, Мпа <	a_n , Дж/см ²	$[\sigma_{-1}]_f$ <	$[\sigma_n]$	НВ	δ ,%
610	360	50			241	16

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 $K_{Tч} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості.

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

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

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

1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Враховуючи кількість деталей $N = 1000$ шт./рік., та їх масу $m = 0.725$ кг., то можна прийняти, що деталь виготовляється в середньо-серійному виробництві. В цьому випадку використовуємо поточну форму організації робіт, при якій верстати встановлюються згідно тех. процесу механічної обробки.

«Тип виробництва по характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо}$, який показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом, до числа робочих місць.

Так як $K_{зо}$ 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:

$$K_{3.0.} = \frac{\sum P_0}{O}, \quad (1.4)$$

де $\sum P_0$ – сумарне число різноманітних операцій;

O – явочна кількість робочих підрозділів, які виконують різні операції» [1].

Табл.2 Визначення коефіцієнта закріплення операції

Операції	$T_{шт.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1. Токарна з ЧПК	2,29	0,434	1	0,434	1,84
2. Токарна	2,87	0,3126	1	0,316	2,56
3. Вертикально - свердлувальна	1,7	0,434	1	0,434	1,84

Проводимо розрахунок

$$K_{30} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{6,24}{3} = 2,1.$$

за результатами розрахунку отримаємо тип виробництва – багатосерійний.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Через складну конфігурацію деталі та матеріал деталі порівняємо два методи отримання заготовки: литво в кокіль і литво в земляні форми.

Розраховуємо витрати на кожен метод окремо.

1 Литво в кокіль

$$m_{зк}=0.980 \text{ кг}$$

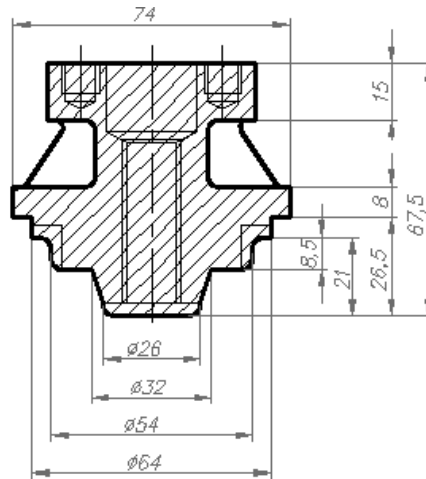


Рисунок 1.2. Ескіз заготовки для литва в кокіль

2. Литво в земляні форми.

$$m_{зф}=1.01 \text{ кг.}$$

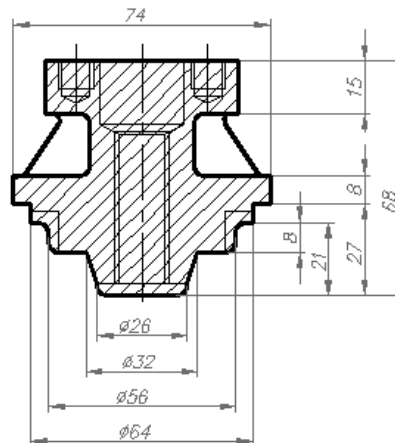


Рисунок 1.3. Ескіз заготовки для литва в земляні форми

Витрати на матеріал заготовки, отриманої литвом визначається за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{S_{баз}}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_e \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4)$$

де $S_{баз}$ - базова вартість за 1 т заготовок: $S_{баз} = 360 \text{ грн}$ [4];

де Q - маса заготовки:

q - маса деталі: $q = 0.725 \text{ кг}$;

$S_{відх}$ - ціна за 1 т відходів: $S_{відх} = 24.8 \text{ грн}$ [4];

k_m, k_c, k_e, k_M, k_n - коефіцієнти, що враховують відповідно точність, масу, групу складності, марку матеріалу та обсяг виробництва заготовок.

Витрати при литві в кокіль

$k_m = 1.05$, [4]; $k_c = 1$; [4];

$k_e = 0.91$; [4];

$k_M = 1$, [4];

$k_n = 1$, [4].

$$S^1_{заг} = \left(\frac{360}{1000} \cdot 0.98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.91 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (0.98 - 0.725) \cdot \frac{24.8}{1000} = 0.30 \text{ грн}$$

Витрати при литві в земляні форми

$k_m = 1$; $k_c = 1$; [4];

$k_e = 0.91$; [4];

$k_M = 1$, [4];

$k_n = 1$, [4].

$$S^2_{заг} = \left(\frac{360}{1000} \cdot 1.01 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.91 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (1.01 - 0.725) \cdot \frac{24.8}{1000} = 0.33 \text{ грн}$$

Економічний ефект для порівняння способів отримання заготовок:

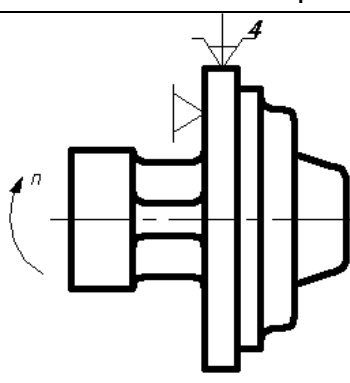
$$E_{заг} = (S_{заг}^2 - S_{заг}^1) \cdot N = (0.33 - 0.3) \cdot 1000 = 32.5 \text{ грн.}$$

Таким чином при використанні литва в кокіль додатково вивільняється 32.5 грн в порівнянні з литвом в земляні форми. Отже, використовуємо метод отримання заготовки литво в кокіль.

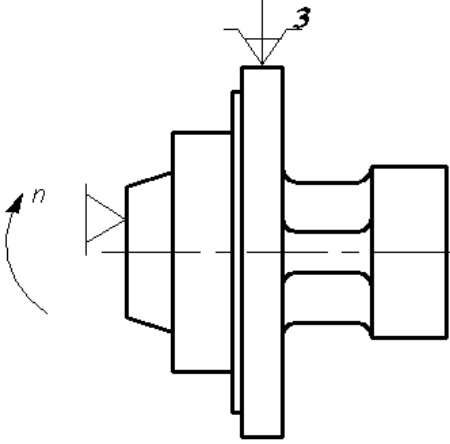
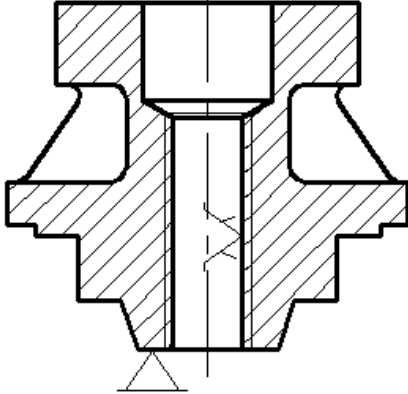
2.2 Вибір технологічних баз

За бази на першій та другій операції приймаємо необроблені поверхні. На наступній операції приймаємо вже чистові поверхні та заносимо схеми базування у таблицю 3.

Таблиця 3 Схеми базування

Номер операції	Назва операції	Пристрій закріплення	Ескіз заготовки
1	2	3	4
010	Токарно-гвинторізна	Чотирьохкул ачковий патрон	

Закінчення табл. 3

1	2	3	4
015	Токарно-гвинторізна	Чотирьохкул ачковий патрон	
020	Вертикально-свердлувальна	Оправка різьбова	

2.3 Встановлення планів обробки окремих поверхонь

Призначаємо план обробки окремих поверхонь та заносимо у табл.4.

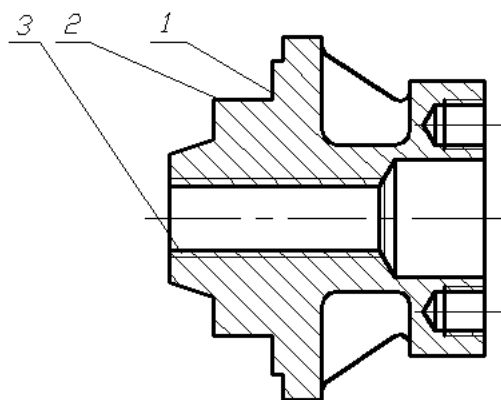


Рисунок 1.4 Ескіз деталі

Таблиця 4 Вибір методів обробки деяких поверхонь, оцінка точності

№ поверхні	Метод обробки	Квалітет точності	Шорсткість
1	Підрізання торця	h9	3.2
2	Точіння	h9	3.2
3	Свердлування. Нарізання різьби	6G	3.2

1. Підрізання торця:

- 1) підрізати торець начорно, IT12, Ra 12.5;
- 2) підрізати торець начисто, IT9, Ra 3.2;

2. Точіння :

- 1) точити циліндричну поверхню начорно, IT12, Ra 12.5;
- 2) точити циліндричну поверхню начисто, IT9, Ra 3.2;

3. Нарізання різьби :

- 1) свердлувати отвір, IT12, Ra 12.5;
- 2) нарізати різьбу, IT6, Ra 3.2.

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту і його техніко-економічне обґрунтування

Зробимо розрахунок економічної ефективності окремих варіантів і оберемо найбільш раціональний для даних умов виробництва. «Критерієм оптимальності є мінімум витрат на одиницю продукції. В якості собівартості розглядаємо технологічну собівартість, яка включає зміни по варіантам витрат. Годинні витрати визначаємо за формулою:

$$C_{н.з.} = C_з + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_з), \quad (5)$$

де $C_з$ - основна та додаткова зарплата з нарахуваннями, коп./год.; $C_{ч.з}$ - годинні витрати по експлуатації робочого місця, коп./год.; E_n - нормативний коефіцієнт

економічної ефективності капіталовкладень (в машинобудуванні $E_n=0,15$);
 K_c, K_3 - питомі годинні капіталовкладення в верстат, коп./год.

Основна та додаткова зарплата з нарахуваннями і обліком багатOVERстатного обслуговування розраховується за формулою:

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{mf} \cdot \kappa \cdot y, \quad (6)$$

де ε - коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату, яка дорівнює 9%, нарахування на соціальне страхування 7,6% і додаток до основної зарплати в результаті перевиконання норм на 30%: $\varepsilon = 1.09 \cdot 1.076 \cdot 1.3 = 1.53$; C_{mf} - годинна тарифна ставка [5]: $C_{mf} = 54.8$ коп./год.; κ - коефіцієнт, що враховує з/п наладчика, в серійному виробництві: $\kappa = 1$; y - коефіцієнт, що враховує оплату робочого при багатOVERстатному обслуговуванні» [5]: $y = 1$.

$$C_3 = 1.53 \cdot 54.8 \cdot 1 \cdot 1 = 83.84 \text{ коп./год.}$$

Годинні витрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{\delta.n} \cdot \kappa_m, \quad (7)$$

де $C_{ч.з}^{\delta.n}$ - практичні годинні витрати на базовому робочому місці [5]:

$$C_{ч.з}^{\delta.n} = 36,3 \text{ коп./год. - для крупно серійного виробництва;}$$

κ_m - коефіцієнт, що показує в скільки разів витрати, які зв'язані з роботою даного верстата, більше, чим аналогічні витрати у базового верстата[5].

«Капітальні вкладення у верстат та у приміщення відповідно:

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_o \cdot \eta_3}, \quad K_3 = \frac{F \cdot 78.4 \cdot 100}{F_o \cdot \eta_3},$$

де C - балансова вартість верстату, грн.; F - виробнича площа, зайнята верстатом з урахуванням проходів, m^2 : $F = f \cdot k_f$, де f - площа верстата в плані, m^2 ;

k_f - коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу переходів і ін.; F_o - дійсний річний фонд часу роботи верстату: $F_o = 2015$ год.; η_s - коефіцієнт завантаження верстата (в серійному виробництві $\eta_s = 0.8$), значення коефіцієнта k_f приймаємо в залежності від площі верстату.

Технологічна собівартість операції механічної обробки(коп./год.):

$$C_o = \frac{C_{н.з} \cdot T_{ум}}{60 \cdot \kappa_B}, \quad (8)$$

де $T_{ум}$ - штучний час на операцію, хв. $T_{ум} = T_o \cdot \varphi_k$, де φ_k - коефіцієнт, який визначається в залежності від виду верстата» [5]; κ_B - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_B = 1.3$.

1варіант:

005 Заготівельна

010 Токарно-гвинторізна

015 Токарно-гвинторізна

020 Вертикально-свердлувальна ЧПК

2варіант:

005 Заготівельна

010 Токарно-гвинторізна

015 Токарно-гвинторізна

020 Радіально-свердлувальна

Порівняння даних двох технологічних процесів буде здійснюватись на підставі порівняння операції 020, на якій свердлування отворів буде відбуватись двома різними методами, по першому варіанту на верстаті 2Н135Ф2, а по другому на верстаті 2К52.

1варіант:

Токарний верстат 16К20Ф3 [5]: $C = 14200$ грн., $f = 1.13 \cdot 0.805 = 0.91 \text{ м}^2$,

$$\kappa_M = 0.7, \kappa_f = 4.$$

Виробнича площа: $F = f \cdot \kappa_f = 0.91 \cdot 4 = 3.64 \text{ м}^2$.

Годинні витрати по експлуатації робочого місяця:

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.н} \cdot \kappa_M = 36.3 \cdot 0.7 = 25.2 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат:

$$K_c = \frac{C \cdot 100}{F_{\partial} \cdot \eta_3} = \frac{1420 \cdot 100}{2015 \cdot 0.8} = 88.09 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення в цех:

$$K_3 = \frac{F \cdot 78.4 \cdot 100}{F_{\partial} \cdot \eta_3} = \frac{3.64 \cdot 78.4 \cdot 100}{2015 \cdot 0.8} = 17.7 \text{ коп./год.}$$

Годинні витрати (коп./год.):

$$C_{н.з.} = C_3 + C_{ч.з} + E_H (K_c + K_3) = 83.84 + 25.2 + 0.15(88.09 + 17.7) = 124.9$$

Технологічна собівартість операції механічної обробки:

$$C_o = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot \kappa_B}, \quad (9)$$

Знаходимо штучний час на виконання операції:

$$T_{ум} = T_o \cdot \varphi_k, \varphi_k = 1.72,$$

для даної свердлувальної операції:

$$\begin{aligned} T_o &= 4 \cdot 0.52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = \\ &= 4 \cdot 0.52 \cdot 14 \cdot 8 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.52 \cdot 8.8 \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.4 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.40 \text{ хв.} \end{aligned}$$

$$T_{ум} = 0.40 \cdot 1.72 = 0.69 \text{ хв.}$$

$$C_o^1 = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot \kappa_B} = \frac{124.9 \cdot 0.69}{60 \cdot 1.3} = 1.1 \text{ коп./год.}$$

2варіант:

Токарний верстат 16К20 [5]:

$$Ц = 1970 \text{ грн.}, f = 1.8 \cdot 1.015 = 1.8 \text{ м}^2, \kappa_m = 1.4, \kappa_f = 4.$$

$$\text{Виробнича площа: } F = f \cdot k_f = 1.8 \cdot 4 = 7.2 \text{ м}^2.$$

Годинні витрати по експлуатації робочого місяця:

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{\delta.n} \cdot \kappa_m = 36.3 \cdot 1.4 = 50.82 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат:

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_3} = \frac{1970 \cdot 100}{2015 \cdot 0.8} = 122.2 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у цех:

$$K_3 = \frac{F \cdot 78.4 \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_3} = \frac{7.2 \cdot 78.4 \cdot 100}{2015 \cdot 0.8} = 35 \text{ коп./год.}$$

Годинні витрати(коп./год.):

$$C_{н.з.} = C_3 + C_{ч.з} + E_n (K_c + K_3) = 83.84 + 50.82 + 0.15(122.2 + 35) = 158.24$$

Технологічна собівартість операції механічної обробки:

$$T_{ум} = T_o \cdot \varphi_k, \varphi_k = 1.75,$$

$$\begin{aligned} T_o &= 4 \cdot 0.52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = \\ &= 4 \cdot 0.52 \cdot 14 \cdot 8 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.52 \cdot 8.8 \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0.4 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.40 \text{ хв.} \end{aligned}$$

$$T_{ум} = 0.40 \cdot 1.75 = 0.7 \text{ хв.}$$

$$C_o^2 = \frac{C_{нз} \cdot T_{ум}^2}{60 \cdot \kappa_6} = \frac{158.24 \cdot 0.7}{60 \cdot 1.3} = 1.42 \text{ коп./год.}$$

Річна економія буде складати:

$$\mathcal{E}_r = \frac{(C_o' - C_o'') \cdot N}{100}, \quad (10)$$

де C_o' и C_o'' - технологічна собівартість порівнюваних операцій, коп./год.;

N - річна програма випуску деталей, $N = 1000шт$

$$\mathcal{E}_r = \frac{(1.42 - 1.1) \cdot 1000}{100} = 3.2 \text{ грн.}$$

Варто віддати перевагу першому варіанту, бо він дешевше.

2.5 Розрахунок припусків

2.5.1 Аналітичний розрахунок припуску на пов. 48h9.

Технологічний маршрут обробки поверхні діаметром 48h9 складається з точіння попереднього та чистового. Усі отримані результати розрахунку заносимо у таблицю 5.

Таблиця 5. Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні діаметром 90g6	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	h	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка	200	300	80	-		51,2	400	51,2	51,6		
Точіння: попереднє	50	50	4	1000	2*1503.2	48,24	160	48,24	48,4	2960	3200
чистове	20	25	-	50	2*150.2	47,94	62	47,94	48	300	398
										3260	3598

«Величину просторових відхилень для виливок визначаємо за формулою:

$$\rho_z = \rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (11)$$

де $\Delta_k = 1$ [1], l - довжина заготовки, $D = 48\text{мм}$, $l = 64\text{мм}$,

$$\rho_3 = \sqrt{48^2 + 64^2} = 80 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення:

після попереднього точіння: $\rho_1 = 0.05 \cdot 80 = 4 \text{ мкм}$

Оскільки точіння виконують, закріплюючи заготовку в чотирьохкулачковому патроні, то в формулі для мінімальних припусків буде присутня похибка установки.

Для точіння похибка установки:

$$\varepsilon_{y1} = \varepsilon_3 = 1000 \text{ мкм}, [1].$$

$$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_3 = 0.05 * 1000 = 50 \text{ мкм}$$

Так як шліфування виконують, закріплюючи заготовку в центрах, то похибка установки виключається з формули розрахунку мінімальних припусків.

Мінімальний припуск під точіння визначається за формулою:

$$2 \cdot z_{\min_i} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \gg [1]; \quad (12)$$

під попереднє точіння:

$$2 \cdot z_{\min_i} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{80^2 + 1000^2} \right) = 2 \cdot 1503.2 \text{ мкм.}$$

під чистове точіння: $2 \cdot z_{\min_i} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{4^2 + 50^2} \right) = 2 \cdot 150.2 \text{ мкм.}$

Визначаємо розрахунковий розмір шляхом послідовного додавання мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_{p2} = 47.938 \text{ мм,}$$

$$d_{p1} = 47.938 + 0.3004 = 48.238 \text{ мм, } d_{p3} = 48.238 + 3.0064 = 51.244 \text{ мм.}$$

Найбільші граничні розміри розраховуємо додаванням допуску до найменшого граничного розміру:

$$d_{\max 2} = 47.938 + 0.062 = 48 \text{ мм,}$$

$$d_{\max 1} = 48.238 + 0.16 = 48.39 \text{ мм}, \quad d_{\max 3} = 51.244 + 0.4 = 51.6 \text{ мм}.$$

«Граничні значення припусків z_{\max}^{ep} визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів та z_{\min}^{ep} як різницю найменших граничних розмірів попереднього переходу та переходу, що виконується» [1]:

$$2 \cdot z_{\max 2}^{ep} = 48.398 - 48 = 0.398 \text{ мм} = 398 \text{ мкм},$$

$$2 \cdot z_{\max 1}^{ep} = 51.6 - 48.39 = 3.2 \text{ мм} = 3200 \text{ мкм},$$

$$2 \cdot z_{\min 2}^{ep} = 48.24 - 47.94 = 0.3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм},$$

$$2 \cdot z_{\min 1}^{ep} = 51.2 - 48.24 = 2.97 \text{ мм} = 2960 \text{ мкм}.$$

Номинальні розміри припусків:

$$z_{o_{\max}} = \sum z_{\max}^{ep} = 3598 \text{ мкм}, \quad z_{o_{\min}} = \sum z_{\min}^{ep} = 3260 \text{ мкм}.$$

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$z_{\max 2}^{ep} - z_{\min 2}^{ep} = 398 - 300 = 98 \text{ мкм}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 160 - 62 = 98 \text{ мкм};$$

$$z_{\max 1}^{ep} - z_{\min 1}^{ep} = 3200 - 2960 = 240 \text{ мкм}; \quad \delta_3 - \delta_1 = 400 - 160 = 240 \text{ мкм}.$$

2.5.2 Табличний метод

На поверхні припуски вибираємо по таблицям [6].

Таблиця 6 Припуски на поверхні по таблицям

Поверхня	Розмір	Припуск	Допуск
Торець	D=64	3,5	± 0.3
Циліндрична поверхня	D=94	2*3	± 0.2
Торець	D=23	3.5	± 0.3

2.6 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Згідно плану оброблення поверхонь заготовки вибираємо верстати для виконання обробки поверхонь, металорізальний інструмент та верстатні пристрої, вимірювальний інструмент. Вибрані данні заносимо у таблицю 7.

Таблиця 7. Технологічний маршрут обробки

№ операції	Операція, її зміст. Переходи.	Обладнання	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент	Пристрій
1	2	3	4	5	6
000	Заготівельна				
005	<p>Токарно-гвинторізна</p> <p>1.Підрізати торець з $\varnothing 64\text{мм}$ до $\varnothing 54\text{мм}$, витримавши розмір 11.5мм</p> <p>2.Підрізати торець з $\varnothing 64\text{мм}$ до $\varnothing 54\text{мм}$, витримавши розмір 12 мм</p> <p>3.Точити $\varnothing 49\text{мм}$ на довжину 12 мм</p> <p>4. Точити $\varnothing 48\text{мм}$ на довжину 12 мм</p> <p>5. Підрізати торець $\varnothing 26\text{ мм}$, витримавши розмір 64 мм</p>	16K20Ф3	<p>1. Різець підрізний відігнутий, T15K6</p> <p>2. Різець підрізний відігнутий, T15K6</p> <p>3.Різець прохідний упорний прямий, T15K6</p> <p>4. Різець підрізний відігнутий, T15K6</p>	<p>1. Штангенциркуль ЩЦ-1-12501</p>	Чотирьох кулачковий патрон

Продовження таблиці 7

010	Токарно-гвинторізна 1.Свердлувати отвір Ø14мм на довжину 64мм 2.Розсвердлити Ø24 мм на довжину 18 мм 3.Нарізати різьбу Трап16×2 на довжину 43 мм	16K20	1. Свердло спіральне P5M6 2. Свердло спіральне P6M5 3. Мітчик Трап. 62	1.Штангенцир куль ШЦ-1-125- 0.05 2.Калібр різьбовий	Чотирьох кулачкови й патрон
015	Вертикально- свердлувальна 1.Свердлувати 4 отвори Ø14 мм на довжину 8мм 2. Свердлувати 2 отвори Ø8.8 мм на довжину 10мм 3. Нарізати дві різьби M10 на довжину 8мм	VF-1	1.Свердло спіральне P6M5 2.Свердло спіральне P6M5 3. Мітчик машинний M10		Пристрій спеціальн ий

2.7 Призначення режимів різання**2.7.1 Аналітичним методом**

«Розрахунок режимів різання аналітичним методом ведемо за методикою:

1. Вибір моделі верстата по габаритам деталі за довідником [6].
2. Вибір різального інструмента:
 - a. конструкційні параметри інструмента [6];
 - b. матеріал різальної частини [6];
 - c. геометричні параметри [6].

3. Визначаємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм.} \quad (13)$$

4. Вибір подачі [6]. Корегуємо подачу по паспортним даним верстата [4].

5. Обираємо період стійкості інструменту.

6. Визначення швидкості різання інструменту:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв.}, \quad (14)$$

де C_v - коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу, що обробляється [6]; T - період стійкості інструменту; S - подача;

t - глибина різання; m, x, y - показники степеня [6]; K_v - загальний поправочний коефіцієнт, який враховує конкретні умови обробки:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (15)$$

де K_{mv} - [6]; K_{nv}, K_{iv} - [6]; $K_{\varphi v}$ - [6].

7. Визначення частоти обертання верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (16)$$

Корегуємо кількість обертів шпинделя верстата по паспортним даним верстата [6].

8. Визначення дійсної швидкості різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.}$$

9. Визначення сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V_d \cdot K_p, \text{ Н,} \quad (17)$$

де C_p, x, y, n - змінні параметри, [6]

K_p - загальний поправочний коефіцієнт, який знаходимо за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

де $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{mp}$ - [6]

10. Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт.} \quad (18)$$

Перевірка можливості обробки на верстаті.

$$N_p \leq N_{дв} \cdot \eta.$$

11. Розрахунок основного технологічного часу

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв.} \quad (19)$$

де L - довжина проходу різця в напрямі подачі: $L = l_{сп} + l_{обр} + l_n$,

де $l_{сп}$ - величина врізання, мм: $l_{сп} = t \cdot ctg \varphi$; l_n - величина перебігу, мм;

$l_{обр}$ - довжина обробки, мм; i - кількість переходів» [6].

I. Підрізати торець $D = 26$;

1. Модель верстат: токарно-гвинторізний 16К20Ф3.

2. Різальний інструмент:

а. різець токарний підрізний відігнутий ;

$$H=25\text{мм}, \quad m=10\text{мм},$$

$$B=16\text{мм}, \quad a=15\text{мм},$$

$$L=140\text{мм}, \quad r=1\text{мм}.$$

б. різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6.

с. геометричні параметри різця:

$$\gamma = 15^\circ, \quad \gamma_f = 5^\circ,$$

$$\varphi = 45^\circ, \quad \alpha = 10^\circ.$$

3. Глибина різання : $t = 3.5$ мм.

4. Подача $S = 0.4 - 0.8$ мм/об. Корегуємо подачу по паспортним даним верстата $S = 0.6$ мм/об.

5. Період стійкості різця $T = 50$ хв.

6. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (20)$$

$$C_v = 350; T = 50 \text{ хв.}; S = 0.5 \text{ мм/об}; t = 4.1 \text{ мм}; m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v},$$

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{v_g} \right)^{n_v} \quad K_{\Gamma} = 1, \quad n_v = 1, \quad v_g = 500 \text{ МПа.}$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^1 = 1.5$$

$$K_{nv} = 0.8, \quad K_{iv} = 1.0; \quad K_{\varphi v} = 1.0.$$

$$V = \frac{350}{50^{0.2} \cdot 3.5^{0.1} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 1.5 = 198.3 \text{ м/хв.}$$

7. Визначення частоти обертання верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 198.3}{3.14 \cdot 26} = 2428 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо кількість обертів шпинделя верстата по паспортним даним верстата. Приймаємо $n_d = 800$ об/хв.

8. Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 26 \cdot 1250}{1000} = 102, \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V_d^{n_p} \cdot K_p, \text{ Н} \quad (21)$$

$$\text{де } C_p = 300; \quad t = 3.5 \text{ мм}; \quad V_d = 102 \text{ м/хв};$$

$$S = 0.6 \text{ мм/об}; \quad x_p = 1; \quad y_p = 0.75, \quad n_p = -0.15,$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\lambda p},$$

$$K_{mp} = \left(\frac{v_s}{750} \right)^n \quad n_v = 0.75, \quad v_s = 500 \text{ МПа.}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0.75} = 0.74$$

$$K_{\varphi p} = 1, \quad K_{\gamma p} = 1.25, \quad K_{\lambda p} = 1.$$

$$K_p = 0.74 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 = 0.925.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3.5^1 \cdot 0.6^{0.75} \cdot 102^{-0.15} \cdot 0.925 = 3295.6 \text{ Н}$$

10. Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020} = \frac{3295.6 \cdot 102}{60 \cdot 1020} = 5.49 \text{ кВт.}$$

Перевірка можливості обробки на верстаті.

$$N_p \leq N_{dс} \cdot \eta \quad (22)$$

$$N_{dс} \cdot \eta = 10 \cdot 0.75 = 7.5 \text{ кВт.}$$

$$5.49 \leq 7.5.$$

Умова виконується.

11. Основний технологічний час

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв.} \quad (23)$$

$$L = l_{ep} + l_{обp} + l_n,$$

$$l_{ep} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 3.5 \cdot \text{ctg } 45 = 3.5 \text{ мм;}$$

$$l_n = 1 \text{ мм; } l_{обp} = 13 \text{ мм;}$$

$$L = 3.5 + 1 + 13 = 17.5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{17.5}{0.6 \cdot 800} = 0.08 \text{ хв.}$$

2.7.2 Вибір режимів різання на інші операції по таблицям нормативів

Результати записуємо у таблицю 8.

Таблиця 8 Режими різання.

№	Назва операції	t мм	S мм/об	S _{хв} , мм/хв	V м/хв	n об/хв	N кВт	T _о хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Токарна							
1.	Підрізати торець з Ø64мм до Ø54мм, витримавши розмір 11.5мм	3	0.35	110	63.3	315	3.1	0.05
2.	Підрізати торець з Ø64мм до Ø54мм, витримавши розмір 12 мм	0.5	0.2	80	80	400	1.1	0.07
3.	Точити Ø49мм на довжину 12 мм	2.5	0.3	75	42	250	1.35	0.16
4.	Точити Ø48мм на довжину 12 мм	0.5	0.2	63	47.4	315	0.9	0.19
5.	Підрізати торець Ø26 мм, витримавши розмір 64 мм	3.5	0.6	480	102	800	5.49	0.04
010	Токарна							
1.	Свердлувати отвір Ø14мм на довжину 64мм	7	0.25	200	35	800	0.2	0.4
2.	Розсвердливати Ø24 мм на довжину 18 мм	3	0.25	200	60	800	0.25	0.15
3.	Нарізати різьбу Трап16×2 на довжину 43 мм	1	0.14	8.82	2	63	0.1	4.87
015	Свердлувальна							
1.	Свердлувати 4 отвори Ø14 мм на довжину 8мм	7	0.28	198	26.7	710	0.18	0.16
2.	Свердлувати 2 отвори Ø8.5 мм на довжину 10мм	4.2 5	0.28	198	22.7	710	0.1	0.1
3.	Нарізати дві різьби М10 на довжину 8мм	0.7 5	0.14	8.82	2	63	0.1	0.9

2.8 Технічне нормування операцій технологічного процесу

Розраховуємо норми часу на токарну операцію 010.

«В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт.к}$:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт.}, \quad (24)$$

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс.відп.}$$

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

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

n - кількість деталей в партії, шт.;

T_o -основний час обробки, хв.;

T_d - допоміжний час обробки, хв.;

$T_{обс.відп.}$ - час на обслуговування робочого місця та час на відпочинок, хв.» [7].

Основний час на токарну операцію 010 $T_o=0.51$ хв.

$$T_d = T_{у.с.} + T_{упр.} + T_{вимір.} \quad (25)$$

де $T_{у.с.}$ - час встановлення та зняття деталі, хв.

$T_{упр.}$ - час на управління верстатом, хв.

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

$$T_{у.с.} = 0.24 \cdot 1.85 = 0.44 \text{ хв.} [6,7]$$

$$T_{упр} = (0.01 + 0.04 \cdot 3 + 0.025 \cdot 4 + 0.01 \cdot 3) \cdot 1.85 = 0.49 \text{ хв.} [6,7]$$

$$T_{вимір.} = 0.61 \text{ хв}$$

$$T_d = (0.44 + 0.49 + 0.61) = 1.54 \text{ хв.}$$

де 1.85-поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва – серійне, [6].

$$T_{он} = T_o + T_d;$$

$$T_{\text{обс.відп.}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot P_{\text{обс.відп.}}}{100}, \quad (26)$$

де $P_{\text{обс.відп.}}$ - норматив часу на обслуговування робочого місяця, відпочинок та природні потреби:

$$P_{\text{обс.відп.}} = 6.5 \%, [6,7]$$

$$T_{\text{оп}} = 0.51 + 1.54 = 2.05 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{обс.відп.}} = \frac{4.21 \cdot 6.5}{100} = 0.13 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.}} = 0.51 + 1.54 + 0.13 = 2.18 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{п.з}} = 10 + 12 = 22 [6,7]$$

$$n = (N \cdot a) / 254 = (4000 \cdot 12) / 254 = 189.$$

$$\text{Тоді } T_{\text{ш-к}} = \frac{22}{189} + 2.18 = 2.29 \text{ хв.}$$

Результати занесені в таблицю 9.

Таблиця 9. Норми часу

Операція	T_o , ХВ	T_d , ХВ			$T_{\text{оп}}$, ХВ	$T_{\text{обс.відп.}}$, ХВ	$T_{\text{шт}}$, ХВ	$T_{\text{п-з}}$, ХВ	$T_{\text{ш-к}}$, ХВ
		$T_{\text{у.с}}$	$T_{\text{уп.}}$	$T_{\text{вимір}}$					
005	0.51	0.44	0.49	0.61	2.05	0.13	2.18	22	2.29
010	0.65	0.43	0.37	1.13	2.58	0.17	2.75	22	2.87
015	0.28	0.24	0.73	0.22	1.47	0.1	1.57	24	1.7

2.9 Оформлення технологічної документації

«В роботі для оформлення розроблених технологічних процесів використовуються наступні види технологічних документів загального і спеціального призначення по ДСТУ БА.4-4:2009.

Маршрутна карта МК – документ, який містить опис технологічного процесу виготовлення деталі, включаючи контроль і переміщення, по всім

операціям різних видів в технологічній послідовності з вказівкою даних про обладнання, оснастку, матеріальні і трудові нормативи.

Операційна карта ОК – описання технологічної операції з вказівкою переходів, режимів обробки і даних про технологічне оснащення.

Карта ескізів КЕ – ескізи, схеми і таблиці, які необхідні для виконання технологічного процесу, операції або переходу виготовлення виробу, включаючи контроль і переміщення.

Заповнення маршрутних, операційних карт механічно обробки, слюсарних, електромонтажних робіт та інших документів виконується у відповідності до загальних вимог» [1].

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування

На операції 020 необхідно свердлувати 4 отвори $\varnothing 14$ мм та свердлувати 2 отвори $\varnothing 8.8$ мм. і нарізати дві різьби M10. Для виконання переходів застосовано верстат з ЧПК 2A135Ф3. Найбільший силовий вплив отримаємо при свердлуванні отвору $\varnothing 14$ мм.

3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Для виконання операції свердлування вибираємо необроблену конусну поверхню та площину фланця згідно аналізу постановки розмірів на деталі. Схема базування заготовки на операції свердлування показана на рис.2.1.

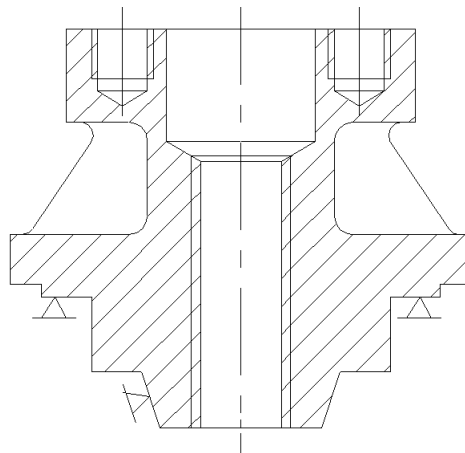


Рисунок 3.1. Схема базування заготовки на операції свердлування

3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

Згідно прийнятої схеми базування у пристрої відповідають установчі елементи: рухомий палець з конусним отвором та торець установчого елемента.

3.1.3 Розрахунок точності обробки

«Допустима сумарна похибка пристрою визначається за формулою [8]:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = T - k \cdot \omega ; \quad (3.1)$$

де: T - поле допуску на виконуваний розмір, $T = 0,033$ мм;

k - поправочний коефіцієнт [8], $k = 0,7$;

ω - точність обробки на верстаті [2], $\omega = 0,01$ мм.» [8]

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,033 - 0,7 \cdot 0,01 = 0,026 \text{мм.}$$

«Визначаємо похибку установки деталі в пристрої за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2}; \quad (3.2)$$

Похибка базування, при базуванні по конусній поверхні визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{IT_D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} \right); \quad (3.3)$$

де IT_D – допуск на розмір поверхні по якій базується деталь $IT_D = 0,016$;

α – кут конуса, $\alpha = 80^\circ$ » [8].

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{0,016}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin 80/2} \right) = 0,011 \text{мм.}$$

ε_3 - «похибка закріплення деталі в пристрої, при установці деталі на призмі визначається за формулою» [8] :

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \cdot Rz + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{W}{19,6 \cdot l} \right)^n; \quad (3.4)$$

де: K_{Rz} – поправочний коефіцієнт [2], $K_{Rz} = 0,005$;

R_z - параметр шорсткості поверхні заготовки, по котрій вона базується,
 $R_z=5$ мкм

K_{HB} – поправочний коефіцієнт [8], $K_{HB}=15$;

HB – твердість заготовки; для сталі 45 HB=(230-260), приймаємо
 HB=240;

C_1 – коефіцієнт, який характеризує умови контакту, матеріал і твердість
 поверхні заготовки, яка використовується в якості бази, [8]:

$$C_1 = 0,086 + \frac{8,4}{D}; \quad (3.5)$$

де: D - діаметр по якому базується деталь, $D=35$ мм.

$$C_1 = 0,086 + \frac{8,4}{35} = 0,326.$$

W – сила закріплення, $W=3897$ Н;

l – довжина поверхні по якій проходить контакт заготовки з опорою, $l=20$
 мм;

n – показник степені [8], $n=0,7$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,005 \cdot 5 + \frac{15}{240} \right) + 0,326 \right] \cdot \left(\frac{3897}{19,6 \cdot 20} \right)^{0,7} = 1,35 \text{ мкм} \approx 0,0014 \text{ мм.}$$

ε_{np} - «похибка пристрою визначається за формулою» [8]:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{\phi}^2}; \quad (3.6)$$

де: ε_{yc} - «похибка виготовлення установочних елементів» [8],

$\varepsilon_{yc}=0,005$ мм.;

ε_{zn} - «похибка зношування установочних елементів» [8], $\varepsilon_{zn}=0,01$ мм.;

ε_{ϕ} - «похибка фіксації пристрою на верстаті» [8]:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{1}{2} S ; \quad (3.7)$$

де S – найбільший зазор між направляючою шпонкою пристрою і пазом стола. Шпонка з'єднується з пазом стола по посадці $18\frac{H7}{g6}$.

$$S = e_s - e_i; \quad (3.8)$$

де: $18H7$ ($e_s = 0,018$; $e_i = 0$);

$18g6$ ($e_s = -0,006$; $e_i = -0,017$);

$$S = 0,018 - (-0,017) = 0,035 \text{ мм.}$$

Визначимо похибку фіксації пристрою на верстаті:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{1}{2} 0,035 = 0,017 \text{ мм.}$$

Підставивши отримані значення маємо похибку пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,005^2 + 0,01^2 + 0,017^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Тоді похибка установки деталі в пристрої буде дорівнювати:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,011^2 + 0,0014^2 + 0,02^2} = 0,023 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умову:

$$\varepsilon_y \leq \varepsilon_{\text{дон}} \quad (3.9)$$

$$0,023 < 0,026.$$

Умова виконується, точність обробки в пристрої, що проектується, забезпечується.

3.1.4. Розрахунок сили закріплення деталі

Для розрахунку сили затиску заготовки будуюмо схему базування та прикладаємо усі сили, що діють на заготовку під час оброблення (рис. 3.2).

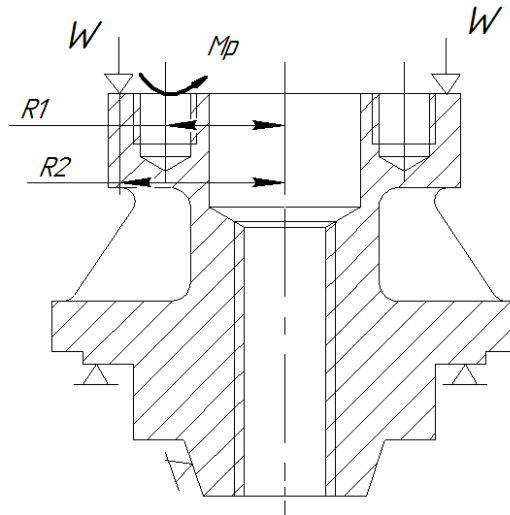


Рисунок 3.2. Схема базування та закріплення заготовки на операції свердлування

«Розрахунок сили закріплення ведеться за умови, що під дією усіх сил на заготовку вона знаходиться у рівновазі. Для цього запишемо рівняння рівноваги заготовки» [8].

$$P_z k R_1 = W f R_2 ,$$

$$\text{де } P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{0,18 \cdot 1020 \cdot 60}{22,7} = 485 \text{ Н} .$$

Звідки маємо:

$$W = \frac{P_z \cdot k \cdot R_1}{f R_2} = \frac{485 \cdot 1,5 \cdot 30}{0,16 \cdot 35} = 3897 \text{ Н} .$$

3.1.5 Розрахунок приводу пристрою

«Діаметр пневмоциліндра двосторонньої дії для тягучої сили (робоча порожнина штокова) визначається за рівнянням» [8]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta; \quad (3.10)$$

де: D - діаметр поршня пневмоциліндра;

d – діаметр штока пневмоциліндра, попередньо приймаємо $d = 30\text{мм}$;

p - тиск робочого середовища в системі приймаємо $p = 0,40\text{МПа}$.

η - коефіцієнт корисної дії приводу, $\eta = 0,85\dots 0,95$, приймаємо $\eta = 0,9$.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра із урахуванням, що в нас працює два одночасно:

$$D/2 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}; \quad (3.11)$$

$$D/2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3897}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 30^2} = 121/2 = 60,5\text{мм}.$$

По нормальному ряду діаметрів згідно [8], приймаємо діаметр поршня пневмоциліндра $D = 63\text{мм}$, що буде забезпечувати необхідний запас утримання заготовки.

Визначаємо дійсну силу на штокові циліндра:

$$Q = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 1683\text{Н}.$$

Фактична сила затиску для заготовки буде дорівнювати:

$$Q_{\text{фак}} = 2Q = 2 \cdot 1683 = 3364\text{Н}. \quad (3.12)$$

3.1.6 Розрахунок деталей пристрою на міцність

«Найбільш навантаженим елементом пристрою є різьбове з'єднання на штокові для кріплення кондукторної плити і на котру діє сила розтягу, що дорівнює Q . Різьба працює на розтяг. Її небезпечним січенням являється внутрішній діаметр різьби d' , котрий визначається за формулою» [10]:

$$d' = C \cdot \sqrt{\frac{2W}{\sigma_p}}; \quad (3.13)$$

де: C – коефіцієнт, що враховує тип різьби, $C = 1,4$ [10];

Q – сила на штокові, $Q = 1683\text{Н}$;

σ_p – допустиме напруження при розтягу зі сталі 45 $\sigma_p = 110\text{МПа}$ [10].

Після підстановки значень в формулу визначаємо внутрішній діаметр різьби:

$$d' = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1683}{110}} = 7,7\text{мм.}$$

З конструкторських міркувань приймаємо різьбу М22 зі сталі 45.

3.1.7 Опис роботи пристрою

Заготовка встановлюється у пристрій в конічний палець. Приводом пристрою є два пневмоциліндра двохсторонньої дії. Закріплення здійснюється при ході штоків униз. Заготовка притискається до упору затискними елементами розташованими на кондукторній плити у якої є отвір. Кондукторних втулок не потрібно, тому що оброблення виконується на верстаті з ЧПК 2А135Ф3. Відкріплення деталі виконується за рахунок

зворотного ходу штоків з плитою.

При обробці на пристрої необхідно витримати допустиму перпендикулярність поверхні торця базового елемента відносно вісі інструменту.

Допустиме зміщення осі отвору конуса відносно осі зовнішньої поверхні – 0,1мм.

Непаралельність осі штоків не більше 0,1 мм на 100 мм довжини.

3.2 Проектування контрольного пристрою

3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Згідно технічних вимог на деталь необхідно забезпечити не перпендикулярність площини торця до осі деталі 0,05 мм.

3.2.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Вибираємо схему відносного контролю за допомогою індикатора годинникового типу МИГ2 (рис. 3.3).

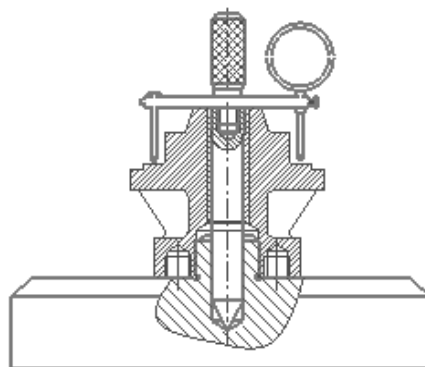


Рисунок 3.3 – Схема контролю неперпендикулярності площини торця до осі деталі

3.2.3 Розрахунок пристрою на точність

В розрахунку контрольного пристрою на точність визначають допустиму похибку вимірювання та фактичну похибку вимірювання і перевіряють умову:

$$\varepsilon_{\phi} \leq \varepsilon_{\text{дон}}; \quad (3.14)$$

«Визначаємо допустиму похибку вимірювання» [8]:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot T; \quad (3.15)$$

де: T – допуск на контрольований параметр, $T=0,05\text{мм}$.

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015\text{мм}.$$

«Визначаємо фактичну похибку вимірювання» [8]:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} + \varepsilon_{инд}; \quad (3.16)$$

де: ε_{σ} – похибка базування в центрах [3], $\varepsilon_{\sigma}=0$;

ε_3 – похибка закріплення [8], $\varepsilon_3=0,01\text{мм}$.

ε_{np} – похибка виготовлення пристрою [8], лежить в межах від 0,01 до 0,005, приймаємо $\varepsilon_{np}=0,005\text{мм}$;

$\varepsilon_{инд}$ – похибка вимірювального приладу, у нашому випадку вимірювання проводиться за допомогою індикатора годинникового типу МИГ2 з ціною поділки шкали 0,01мм та границі допустимої похибки $\pm 0,001$ мм, тоді $\varepsilon_{инд} = 0,002\text{мм}$.

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,01^2 + 0,005^2} + 0,002 = 0,013\text{мм}.$$

Перевіряємо умову $\varepsilon_f \leq \varepsilon_{доп}$;

$$0,013 < 0,015.$$

Умова виконується, точність вимірювання забезпечується.

3.2.4 Принцип роботи пристрою

Контроль перпендикулярності площини торця до осі деталі здійснюється наступним чином: деталь встановлюється на палець, в отвір деталі вводять оправку з пластиною на якій розташовано упор та індикатор годинникового типу МИГ2.

Індикатор виставляється на «0», переміщуючи пластину з індикаторною головкою по колу і притискаючи її до поверхні, що контролюється, фіксуються покази індикатора, деталь рахується гідною, якщо різниця показників мірильної головки не більше 0,05 мм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вплив параметрів мікроклімату на організм людини

«Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює *мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях*, під яким розуміють умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням.

Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, що оточують людину та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення.

Незважаючи на те, що параметри мікроклімату виробничих приміщень можуть змінюватись, іноді навіть значно, температура тіла людини залишається постійною (36,6 °C).

Властивість організму людини підтримувати тепловий баланс із навколишнім середовищем називаються *терморегуляцією*. Нормальне протікання фізіологічних процесів, а отже і хороше самопочуття можливе лише тоді, коли тепло, що виділяється організмом людини, постійно відводиться в навколишнє середовище.

Мікрокліматичні умови, за яких це має місце вважаються найкращими. Кількість тепла, що утворюється в організмі людини залежить від фізичних навантажень, а рівень тепловіддачі — від мікрокліматичних умов, головним чином, температури повітря (табл. 10)»[13].

Віддача тепла організмом людини в навколишнє середовище здійснюється трьома основними способами (шляхами): конвекцією, випромінюванням та випаровуванням вологи з поверхні шкіри.

Таблиця 10 Кількість тепла та вологи, що виділяється однією людиною

Виконувана робота	Тепло, Вт				Волога, г/год	
	Повне		Явне		при 10 °С	при 35 °С
	при 10	при 35	при 10	при 35		
У стані спокою	160	93	140	2	30	115
Фізична:						
легка	180	145	150	5	40	200
середньої важкості	215	195	165	5	70	280
важка	290	290	195	10	135	415

«Чим нижча температура повітря і швидкість його руху, тим більше тепла віддається випромінюванням. При високій температурі значна частина тепла втрачається випаровуванням поту (рис. 4.1, б). Разом з потом організм втрачає воду, вітаміни, мінеральні солі, внаслідок чого він збезводнюється, порушується обмін речовин. Тому працівники «гарячих» цехів забезпечуються газованою підсоленою водою» [13].

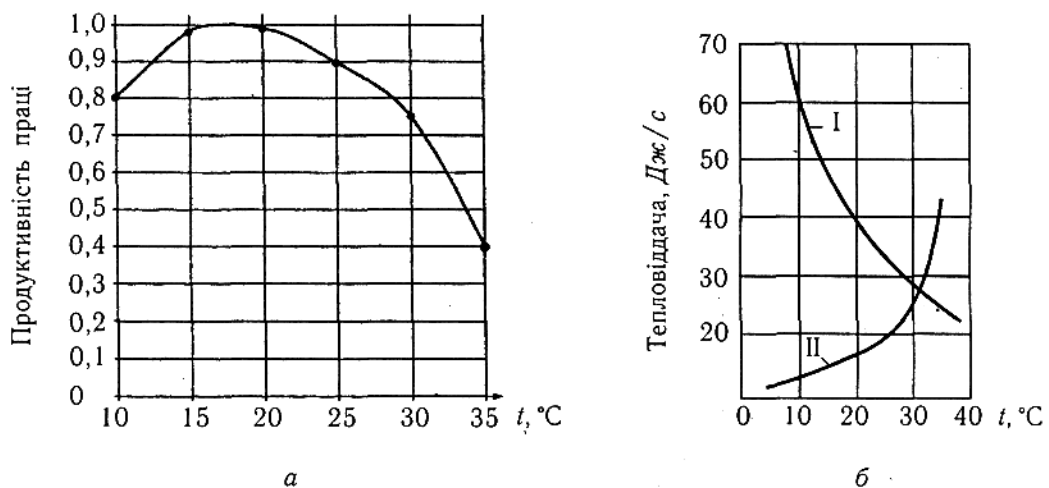


Рисунок 4.1 Вплив температури повітря на продуктивність праці (а) на тепловіддачу організму людини (б): I — випромінюванням і конвекцією;
II — випаровуванням

«Вологість повітря істотно впливає на віддачу тепла випаровуванням. Через високу вологість випаровування утруднюється і віддача тепла зменшується. Зниження вологості покращує процес тепловіддачі випаровуванням. Однак надто низька вологість викликає висихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Рухомість повітря визначає рівень тепловіддачі з поверхні шкіри конвекцією і випаровуванням. У жарких виробничих приміщеннях при температурі рухомого повітря до 35°C рух повітря сприяє збільшенню віддачі тепла організмом. З підвищенням температури рухоме гаряче повітря саме буде віддавати своє тепло тілу людини, викликаючи його нагрівання.

Рухоме повітря при низькій температурі викликає переохолодження організму. Різкі коливання температури в приміщенні, яке продувається холодним повітрям (протяг), значно порушують терморегуляцію організму і можуть викликати простудні захворювання.

Можливості організму пристосовуватись до метеорологічних умов значні, однак не безмежні. Верхньою межею терморегуляції людини, що знаходиться у стані спокою, прийнято вважати 30-31 °C при відносній вологості 85% чи 40 °C при відносній вологості 30%. При виконанні фізичної роботи ця межа значно нижча. Так, при виконанні важкої роботи теплова рівновага ще зберігається завдяки терморегулятивній функції організму при $t_n = 25-26$ °C (відносна вологість 40-60%).

Отже, для нормального теплового самопочуття людини важливо, щоб температура, відносна вологість і швидкість руху повітря знаходились у певному співвідношенні» [13].

4.2 Нормалізація параметрів мікроклімату

«На сьогодні основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень є ДСН 3.3.6.042-99. Вказані

параметри нормуються *для робочої зони* — визначеного простору, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників.

В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка оптимальних та допустимих метеорологічних умов у робочій зоні в залежності від категорії робіт, періоду року та виду робочих місць.

Під *оптимальними мікрокліматичними умовами* розуміють поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Допустимі мікрокліматичні умови — це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатись дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень для різних категорій робіт у теплий та холодний періоди року наведені в [13]. Період року визначається за середньодобовою температурою зовнішнього середовища i_{cd} . При $i_{cd} < +10$ °C -холодний період, а якщо $i_{cd} > +10$ °C - теплий період року.

Допустимі величини параметрів мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальних умов мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю.

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь

технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляція від заскленних огорожень не повинна перевищувати:

- 35 $Вт/м^2$, при опроміненні 50% і більше поверхні тіла;
- 70 $Вт/м^2$, при опроміненні від 25% до 50% поверхні тіла;
- 100 $Вт/м^2$, при опроміненні не більше 25% поверхні тіла» [13].

5 ВИСНОВКИ

«В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вентиль». В загальному та технологічному розділі наведено розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу.

В конструкторському розділі проведено проектування та виконано розрахунки верстатного пристрою. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірвальний пристрій.

В додатках приведено техпроцес виготовлення деталі вентиль, специфікації та керуюча програму на верстат з ЧПК» [1].

6 ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
7. 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.
8. 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.
9. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
10. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків :

навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

11. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.

12. Технічна характеристика верстата VF-1. Каталог.

13. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге 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.

14. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів Афіша 2004, 248 с.

ДОДАТКИ