

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Ступиця 354.001» з використанням
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 ДП.ПМ.ФІТА.02.25.ПЗ

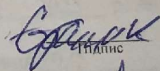
Виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1
Шифр

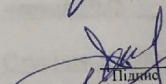
Керівник докт. техн. наук, професор
Науковий ступінь, звання

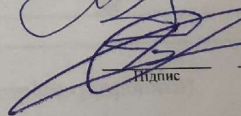
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

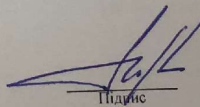
До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва

Дата « 16 » серпня 2025


Підпис Богдан БРАЖНИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Підпис Анатолій ГОРДОС
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Підпис Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

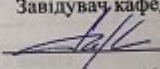

Підпис Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

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 ТКАЧУК7 . 02 . 2025ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТБражник Богдан Миколайович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи

Технологія виготовлення деталі «Ступиця 354.001» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Гордєєв Анатолій Іванович, д.т.н., професор
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене званняЗатверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 232 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 20253 Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі Ступиця 354.001 технічні вимоги до її виготовлення,
обсяг 2,1 тис. випуску

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

Вступ

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

5 Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Карта наладки верстата – 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 5. Лист графотехнології - лист А1; 6. Лист вибору режимів різання - А1; 7. Контрольний пристрій - лист А2.

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

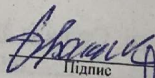
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання

7 Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

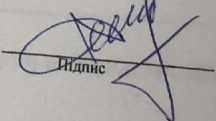
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент


Підпис

Богдан БРАЖНИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Анатолій ГОРДЕЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Бражник Богдан Миколайович на захист дипломного проекту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Ступиця 354.001» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

[Signature]
ОЛЕТ ПОЛІЩУК
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРІЯ, ТРАНСПОРТ ТА АРХІТЕКТУРА

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Бражник Б. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 10,71 %, задовільно 89,29 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 7,55 %, D 33,96 %, E 58,49 %.

Методист факультету

[Signature]

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Бражник Богдан Миколайович до виконання дипломної роботи досягнув високого рівня якості роботи, що свідчить про його високий рівень знань та вміння. За період виконання роботи студент проявив ініціативу та здатність до самостійної роботи. Результати роботи відповідають вимогам.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

[Signature]

Анатолій Гордєєв
(ім'я, прізвище)

" 13 " 06 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Бражник Б. М. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

[Signature]
Віталій ТРАЧУК
(підпис, ім'я, прізвище)

" 16 " серпня 2025 р.

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Бражника Б. М.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, 4 курсу, гр. ПМТ -21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповішений (а) та надаю свою згоду на обробку й 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 (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного 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 надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

9.06.25

дата

Бражник
підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення деталей машини 354.
 Автор Брачун Б.В. доц. з вищою категорією к.техн.н.
 Освітня програма Технологія машинобудування
 Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність механізація механізмів
 Науковий керівник: Білий С.О.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	✓
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріплення текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження: АР-10/6
К.О. 15.06

Дата

Завідувач кафедри Виталик Ткачук
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
 Гарант освітньої програми Володимир Машко
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
 Керівник кваліфікаційної роботи Сергій БУСВ
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Бражника Б. М. «Технологія виготовлення деталі «Ступиця 354.001» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Бражника Б. М. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Ступиця 354.001 із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Ступиця 354.001, спроектовано свердловальний верстатний пристрій та для забезпечення операції контролю спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

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

В розділі охорони праці розглянуто аналіз небезпечних факторів технологічного процесу з точки зору охорони праці.

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 Бражник Б. М. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

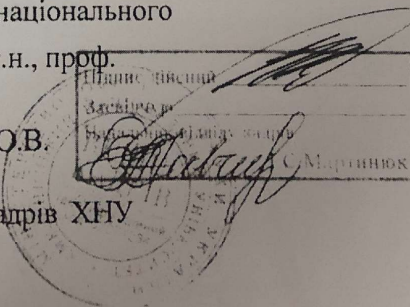
Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.
Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ



Реферат

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Ступиця 354.001» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Бражник Б. М. Керівник роботи : Гордєєв А. І.

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 вибір методів отримання заготовки розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

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

В розділі охорони праці приведено дані по аналізу небезпечних факторів технологічного процесу з точки зору охорони праці.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Ступиця 354.001» специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор роботи:

Бражник Б. М. 2025 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.	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	10
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва....	12
1.5	Технічні вимоги, методи їх забезпечення.....	13
1.6	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі Ступиця 354.001.....	13
2	Технологічний розділ	18
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	18
2.2	Вибір технологічних баз.....	18
2.3	Вибір варіанта технологічного маршруту.....	18
2.4	Розрахунок припусків.....	19
2.4.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 35 H7$	19
2.4.2	Табличний метод.....	24
2.5	Розробка технологічних операцій механічної обробки....	24
2.6	Призначення режимів різання.....	26
2.6.1	Аналітичним методом.....	26
2.6.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів	29
2.7	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	32
2.8	Оформлення технологічної документації.....	34

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.....	39
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	39
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	41
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	42
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	43
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю	43
3.2.2	Розрахунок розмірів калібру пробки.....	46
4	Охорона праці	45
5	Висновки.....	50
6	Список використаних джерел.....	51
	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» [2].

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» [13].

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Деталь «Ступиця 354.001» входить до складу механізму поштучної видачі заготовок і призначена для передачі руху від привода на виконавчий елемент. Основними поверхнями деталі являються отвори $\varnothing 75H7$, $\varnothing 28H7$ та торцеві поверхні.

Матеріал деталі – конструкційна сталь 20 ДСТУ 7809:2015. ($\sigma_{ad} = 420 \text{ МПа}$, 156 HB).

Тип виробництва визначаємо за масою деталі $m_d = 10,5$ кг та річному об'єму випуску деталей $N = 2100$ шт.

Тип виробництва – дрібносерійний

1.3 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 деталі «Ступиця 354.001» використовуємо матеріал деталі – сталь 20 ДСТУ 7809:2015.

1. Якісний аналіз

Деталь «Ступиця 354.001» відноситься до класу важелів з центральним отвором і вона в основному утворена поверхнями простої форми. В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

При обробці на токарному верстаті для збільшення точності обробки і зменшення похибок розташування форми поверхонь, виконуються як основна база зовнішня поверхня. Конструкція деталі дозволяє оброблювати її прохідними різцями.

Характеристика хімічного складу та механічних властивостей сталі 20 ДСТУ 7809:2015 наведено у табл. 1.1 та табл. 1.2.

Таблиця 1.1. – Хімічний склад сталі 20 ДСТУ 7809:2015

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As %
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	≤0,3	≤0,35	≤0,25	≤0,3	≤0,3	≤0,08

Таблиця 1.2. - Механічні властивості сталь 20 ДСТУ 7809:2015

σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	НВ
245	410	25	55	156

2 Кількісний аналіз. [2].

«Коефіцієнт точності.

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad (1.1)$$

$$T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{4 \times 14 + 5 \times 12 + 7 \times 9 + 3 \times 7}{19} = 10,11.$$

де T – клас точності обробки;

n_I – кількість розмірів відповідного класу точності.

$$K_{TЧ.} = 1 - \frac{1}{10,11} = 0,9.$$

Деталь згідно коефіцієнту точності є досить технологічною, так $K_{TЧ.} \approx 1$.

Відповідність коефіцієнту шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad (1.2)$$

$$Ш_{CP.} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{4 \times 6,3 + 5 \times 6,3 + 7 \times 1,6 + 3 \times 1,6}{19} = 3,83 \text{ мкм.}$$

де $Ш$ – клас шорсткості поверхні;

n_I – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{3,83} = 0,26.$$

Так як $K_{Ш}$ досить низький то можна стверджувати, що деталь по $K_{Ш}$ є технологічна» [2].

Деталь жорстка, тому потреби у додаткових опорах при обробці немає.

Деталь має зручні базування поверхні. Матеріал деталі надає можливість одержати заготовку за формою близьку до готової деталі із мінімальними припусками на обробку.

1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

«Визначення типу виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.3)$$

де O - кількість операцій;

P - кількість робочих місць з різноманітними операціями» [2].

«Штучний калькуляційний час на кожну операцію визначаємо за формулами.

1.Токарна

При обробці діаметру

$$T_{шт-к} = 0,17dl \cdot 10^{-3},$$

де d - діаметр;

l - довжина обробки.

$$T_{шт-к} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 27 \cdot 472 \cdot 10^{-3} = 2,166хв.$$

На обробку фасок: $T_{шт-к} = 0,018хв.$

$$T_{шт-к} = 2,166 + 0,018 = 2,184хв.$$

2.Фрезерна

$$T_1 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 0,369хв.$$

$$T_2 = 9 \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 0,612хв.$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,51 \cdot (0,369 + 0,612) = 1,48 \text{ хв.}$$

4. Свердлувальна операція з ЧПК

$$T_1 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_2 = 0,078 \text{ хв.}$$

$$T_3 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,065 \text{ хв.}$$

$$T_4 = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_5 = 0,012 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,3 \cdot (0,078 + 0,078 + 0,065 + 0,012 + 0,012) = 0,318 \text{ хв.}$$

5. Внутрішліфувальна

$$T_1 = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 25 \cdot 130 \cdot 10^{-3} = 0,488 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум-к}} = 1,36 \cdot 0,488 = 0,664 \text{ хв.}$$

Визначення типу виробництва проводимо за формулою:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{129,94}{7} = 18,56.$$

Оскільки $10 < K_{\text{з.о.}} < 20$, то тип виробництва середньо серійний з поточною формою організації робіт, тобто технологічне оснащення розташовується послідовно до операцій і робочих місць» [3].

1.5 Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю

Проаналізуємо технічні умови на деталь, методи їх забезпечення та контролю і дані аналізу оформлюємо у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю

Зміст вимоги	Методи забезпечення	Методи контролю
<p>Ø75H7, $R_a=2,0$ мкм.</p> <p>Ø28H7, $R_a=2,0$мкм.</p> <p>Шпонковий паз $20^{+0,032}$, $R_a= 3,2$мкм.</p>	<p>Розточування чорнове, розточування напівчистове, шліфування</p> <p>Свердління, зенкерування, розвірчування попереднє, розвірчування чистове</p> <p>Довбання</p>	<p>Нутромір індикаторний типу НИ – 100М</p> <p>Набір мір шорсткості</p> <p>Нутромір індикаторний типу НИ – 50М</p> <p>Набір мір шорсткості</p> <p>Нутромір індикаторний типу НИ – 50М</p>
<p>M10 – H7, $R_a =6,3$мкм.</p> <p>Точність обробки по 12 квалітету, $R_a =$мкм.6,3</p> <p>Допуск паралельності вісі отвору Ø28H7 відносно базового отвору А – 0,2 мм</p>	<p>Свердління, нарізання різьби</p> <p>Одноразова лезова обробка</p> <p>Обробка отвору Ø28H7 з базуванням по базовому отвору А</p>	<p>Калібр – пробка різьбова</p> <p>Набір мір шорсткості</p> <p>Штангенциркуль ШЦ – II – 350 – 0,1</p> <p>Набір мір шорсткості</p> <p>На контрольній плиті за допомогою індикатора</p>

1.6 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі корпус

Для оброблення деталі «Ступиця 354.001» запропоновано використовувати метод концентрації операцій, в основі якого лежить виконання максимально-можливої кількості переходів за один установ

заготовки. Забезпечення виконання даного принципу здійснюється при використанні верстатів з ЧПК.

При удосконаленні технологічного процесу запропоновано використовувати верстати з ЧПК 6Т13Ф3-1, 16К20Ф3, 2Р135Ф2 – 1.

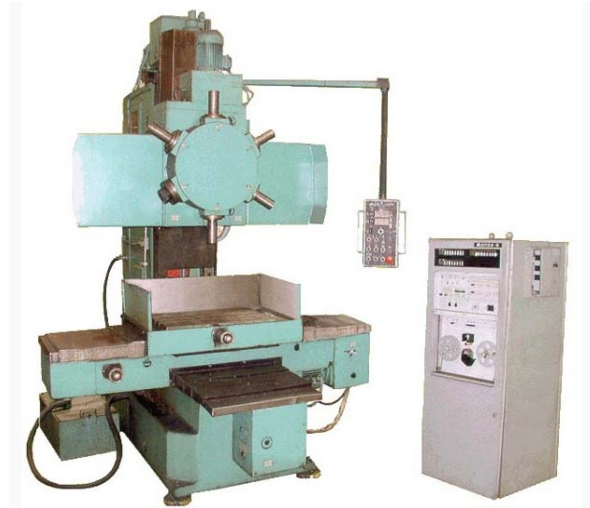


Рисунок 1.1. Загальний вигляд верстата 2Р135Ф2 – 1

Технічна характеристика верстата 2Р135Ф2 – 1

Максимальний умовний діаметр свердління	35
Кількість шпинделів револьверної головки	6
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	35,5-1600
Максимальний крутний момент на шпинделі, Н м	200
Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв	4
Швидкість швидкого переміщення столу м/хв	7
Осьове зусилля на шпинделі, Н	15 000
Найбільші програмовані переміщення:	
- вісь X	630
- ось Y	360
- вісь Z	560
Споживана потужність, кВт	9,8
Вага верстата, кг	4700.



Рисунок 1.2. Загальний вигляд верстата 6Т13Ф3-1

Технічна характеристика верстата 6Т13Ф3-1

Розміри робочої поверхні столу, мм	400 x 1600
Шорсткість обробленої поверхні Rz, мкм	20
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	300
Найбільше поздовжнє переміщення столу (X), мм	1000
Найбільше поперечне переміщення столу (Y), мм	400
Найбільше вертикальне настановне переміщення столу, мм	420
Найбільше вертикальне переміщення повзуна (Z), мм	250
Межі робочих подач. Поздовжніх, поперечних, вертикальних, мм/хв 3 - 4800	
Швидкість швидкого переміщення столу та повзуна, мм/хв	4800
Відстань від торця шпинделя до столу, мм	70 - 490
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини, мм	500
Подача за один імпульс, мм	0,01
Точність позиціонування по осі X, мм	0,065
Точність позиціонування по осі Y, Z, мм	0,040
Найбільший діаметр свердління, мм	30
Найбільший діаметр кінцевої фрези, мм	40
Найбільший діаметр торцевої фрези, мм	125
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	40 - 2000
Кількість швидкостей шпинделя	18
Найбільший момент, що крутить, кгс.м	62,8
Електродвигун приводу головного руху, кВт	7,5
Електроприводи подачі по осях X, Y, Z, кВт	2,2
Електропривод налагоджувального переміщення консолі, кВт	2,2
Електропривод затиску інструменту, кВт	0,18
Електропривод насоса охолодження, кВт	0,12
Електродвигун мастила, кВт	0,27
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	16,87
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм	3450 x 3970 x 2965
Маса верстата з електроустаткуванням, кг	4450



Рисунок 1.2. Загальний вигляд верстата 16К20Ф3

Технічна характеристика верстата 16К20Ф3

Найменування параметрів	Од.вим	Величини
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною	мм	500
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною	мм	320
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом	мм	200
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах	мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі	мм	55
Найбільший хід супорту поперечний	мм	210
Найбільший хід супорту поздовжній	мм	905
Максимальна рекомендована швидкість робочого поздовжнього подавання	мм/хв	2000
Максимальна рекомендована швидкість робочого поперечного подавання	мм/хв	1000
Кількість керованих координат		2
Кількість одночасно керованих координат		2
Точність позиціонування	мм	0,01
Повторюваність	мм	0,003
Діапазон частот обертання шпинделя	1/об.	20...2500
Максимальна швидкість швидких поздовжніх переміщень	м/хв	15
Максимальна швидкість швидких поперечних переміщень	м/хв	7,5
Кількість позицій інструментальної головки		6
Потужність привода головного руху	кВт	11
Сумарна споживана потужність	кВт	21,4
Габаритні розміри верстата	мм	3700x2260x1650
Маса верстата	кг	4000

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

У даному випадку «Ступиця» являє собою зварну конструкцію, яка складається з двох деталей: плити та бобишки.

Плиту отримуємо із листа сталь 20 ДСТУ 7809:2015

з використанням машинної газової різки.

Точність порізки дорівнює від ± 1 до ± 2 мм.

Приймаємо точність порізки ± 1 мм.

Бобишку отримуємо порізкою із трубного прокату сталь 20 ДСТУ 7809:2015.

2.2 Вибір технологічних баз

На першій операції оброблення бобики у токарному патроні за бази приймаємо зовнішню поверхню заготовки та торець.

При фрезерній та свердлувальній обробці на ЧПУ при установленні за базу використовується внутрішня циліндрична поверхня отвору, та торець. При фрезеруванні та свердлуванні використовується правило 6-ти ступенів вільності. Три ступеня бере на себе база установча - площина, два ступеня - база направляюча (циліндричний палець), а одна ступінь знищується з допомогою сил тертя при закріпленні заготовки.

2.3 Вибір варіанта технологічного маршруту

Проаналізувавши варіанти оброблення заготовок для виготовлення деталі «Ступиця» запропоновано наступний технологічний процес оброблення, який занесемо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічна схема виготовлення деталі «Ступиця»

№ оп	Найменування, короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
000	Заготівельна 1. Пливу отримуємо використанням машинної газової різки з листа. 2. Бобишку отримуємо порізкою із трубного прокату	Газорізка з ЧПК Ножовка механічна
005	Вертикально – фрезерна ЧПК	6Т13 Ф3-1
010	Токарна з ЧПУ	16К20Ф3
015	Зварювальна	
020	Довбальна	7Д430
025	Вертикально – свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2 – 1
030	Вертикально – фрезерна з ЧПК	6Т13Ф3-1
035	Внутрішліфувальна	3А227

2.4 Розрахунок припусків

2.4.1 Аналітичний розрахунок припуску на поверхню

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на обробку отвору $\varnothing 75H7(+0,025)$

«Мінімальний розрахунковий припуск визначається за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^2 + \varepsilon_{Y_i}^2}), \quad (2.1)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередній операції;

Δ_{Σ} - геометрична сума просторових відхилень на попередній операції;

ε_{yi} - похибка установки на операції, що виконується [3].

Вихідні дані для розрахунку припусків вибираємо за [3] і записуємо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналітичний розрахунок припусків на $\varnothing 75H7(+0,025)$

Найменування операції, переходу	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип., $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Гран.знач. припусків, мм	
	Rz _{i-1}	h _{i-1}	Δ_{Σ}	ε_i				D min	D max	2Z min	2Z max
Заготовка	240	250	1374	-	-	70,575	1000	70,00	71,00	-	-
Розочити начорно	50	50	50	120	$\frac{2 \cdot 1869}{3738}$	73,313	390	73,13	73,74	3,13	3,74
Розочити начисто	20	25	-	56	$\frac{2 \cdot 175}{350}$	74,663	160	74,50	74,66	0,53	0,76
Шліфув. попередн.	10	20	-	53	$\frac{2 \cdot 98}{196}$	74,859	62	74,797	74,859	0,199	0,297
Шліфув. кінцево	-	-	-	53	$\frac{2 \cdot 83}{166}$	75,025	25	75,000	75,025	0,166	0,203

Геометрична сума просторових відхилень визначається за формулою:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2 + \Delta_{екс}^2}, \quad (2.2)$$

де $\Delta_{кор}$ – величина короблення поверхні заготовки, $\Delta_{кор} = 500$ мкм, [3];

$\Delta_{см}$ – похибка зміщення, $\Delta_{см} = 1000$ мкм, [3];

$\Delta_{екс}$ – ексцентричність отвору, $\Delta_{екс} = 800$ мкм [3].

Тоді за формулою (2.2) визначимо:

$$\Delta = \sqrt{500^2 + 1000^2 + 800^2} = 1374 \text{ мкм.}$$

Остаточна величина просторових відхилень після виконання переходів механічної обробки визначається за формулою:

$$\Delta_{ост} = K_Y \cdot \Delta_{см}, \quad (2.3)$$

де K_Y - коефіцієнт уточнення.

Після чорнової обробки $K_Y = 0,05$; після чистової $K_Y = 0,002$, [6].

$$\Delta'_{ост} = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta''_{ост} = 0,002 \cdot 50 = 0,1 \text{ мкм.}$$

Остаточна величина короблення при чистовому точінні настільки мала, що нею можна знехтувати.

Отримані дані заносимо в таблицю 2.4.

Похибку установки при встановленні заготовки у патрон $\varepsilon_y = 120$ мкм, [3].

На наступних обробках похибка установки визначається за формулою

$$\varepsilon_{yi} = 0,05 \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{інд}, \quad (2.4)$$

де $\varepsilon_{інд}$ – похибка індексації, $\varepsilon_{інд} = 50$ мкм, [3].

При чорновому розточуванні

$$\varepsilon'_y = 0,05 \cdot 120 + 50 = 56 \text{ мкм,}$$

При чистовому розточуванні

$$\varepsilon''_y = 0,05 \cdot 56 + 50 = 53 \text{ мкм.}$$

При подальших операціях механічної обробки базова поверхня лишається постійною, тому похибка установки постійна, тобто $\varepsilon_y = 53$ мкм.

Призначаємо допуски на кожну операцію за [3] і записуємо в таблицю 2.4.

Визначимо величину припусків на:

чорнове розточування

$$2Z_{\min} = 2(240 + 250 + \sqrt{1374^2 + 120^2}) = 2 \cdot 1869 \text{ мкм};$$

чистове розточування

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{50^2 + 56^2}) = 2 \cdot 175 \text{ мкм};$$

шліфування попереднє

$$2Z_{\min} = 2(20 + 25 + 53) = 2 \cdot 98 \text{ мкм};$$

шліфування кінцеве

$$2Z_{\min} = 2(10 + 20 + 53) = 2 \cdot 83 \text{ мкм}.$$

Отримані дані заносимо в таблицю 2.4.

Визначимо загальні припуски на обробку за формулою:

$$2Z_{\max 3} = \sum 2Z_{\max}, \quad (2.5)$$

$$2Z_{\min 3} = \sum 2Z_{\min}. \quad (2.6)$$

$$2Z_{\max 3} = 3,74 + 0,76 + 0,297 + 0,203 = 5,0 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 3} = 3,13 + 0,53 + 0,199 + 0,166 = 4,025 \text{ мм}.$$

Проведемо перевірку вірності визначення числових значень припусків за формулою:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = IT_3 - IT_\partial, \quad (2.7)$$

$$5,0 - 4,025 = 1,0 - 0,025 ,$$

$$0,975 = 0,975 .$$

Числові значення припусків визначені вірно.

Будуємо схему розташування полів припусків, допусків та граничних розмірів заготовки, рис. 2.1.

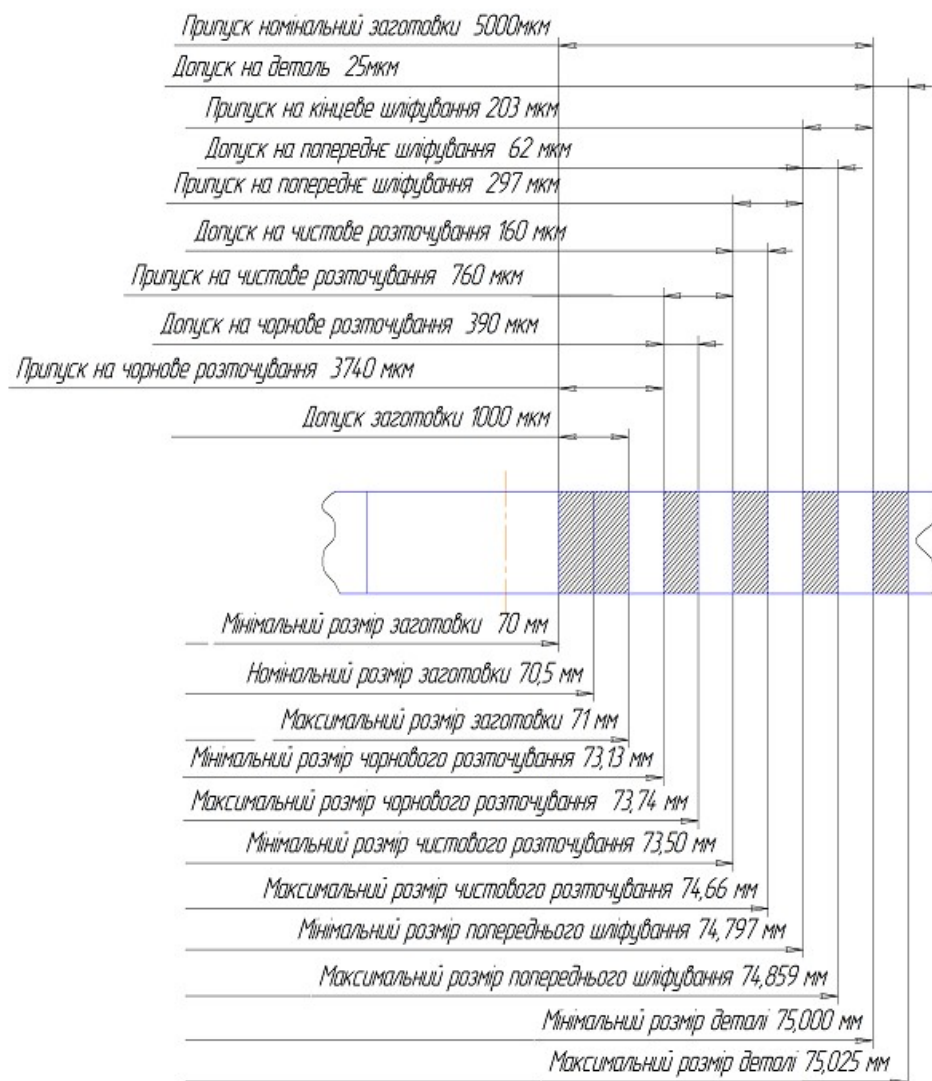


Рисунок 2.1 – Схема розташування полів припусків та допусків на $\varnothing 75H7(+0,025)$

2.4.2 Табличний метод призначення припусків

На інші оброблюванні поверхні заготовки «Ступиця» припуски і допуски вибираємо по таблицям 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
20	Заготовка	Ra25		3(± 0.4)	
	Фрезерувати начорно,	Ra6.3	1,5		2
	начисто	Ra3.2	0,5	20(± 0.2)	2

2.5 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Для виконання технологічних операцій вибираємо моделі верстатів, різальний інструмент, вимірювальний інструмент та верстатні пристрої за переходами.

Розробку технологічних операцій механічної обробки за переходами зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. Операції механічної обробки

№ опера.	Маршрут Обробки	Верстат	Інструмент		Пристрої
			Різальний	Контор.	
1	2	3	4	5	6
000	Заготівельна				

Закінчення таблиці 2.4.

1	2	3	4	5	6
005	Вертикально – фрезерна 1. Фрезерувати площини начорно з переустановленням 2. Свердлити отвір Ø 18 мм. 3. Розфрезерувати отвір Ø75. 4. Свердлувати отвір Ø 18 мм 5. Зенкерувати отвір Ø 19 мм 6. Розгорнути Ø 20H8	6Т13 Ф3-1	Фреза Торцева Ø160 ,Т15К6 Свердло Ø18 мм Р6М5 Зенкер Ø 19 мм Р6М5 Розгортка Ø 20Н8 Р6М5	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05 Шаблони Калібр- пробки	Лещата
010	Токарна з ЧПУ 1. Підрізати торець 2. Точити зовнішню поверхню 3. Точити пов. Ø100 мм 4. Точити пов. Ø75 мм начорно, начисто. 5. Зняти фаску. 6. Відрізати на довжину 130 мм	16К20Ф 3	Різець прохідний Т15К6 Різець розточувальний Т15К6 Різець фасочний Т15К6	Штангенц иркуль ШЦ-1- 166-80	Токарний патрон
015	Довбальна 1. Довбати паз довжиною 130 мм.	7Д430	Різець Р6М5.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05	Пристрій спеціальний верстатній
020	Вертикально – свердлильна з ЧПУ 1. Зацентрувати 4 отвори 2. Свердлити 4 отвори Ø8,2 мм на довжину 19 мм. 3. Нарізати різьбу у 4 отворах М10.	2Р135Ф 2 – 1	Свердло центровочне, Р6М5 Свердло Ø8,2 мм Мітчик М10.	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05	Пристрій спеціальний верстатній
025	Вертикально – фрезерна з ЧПУ 1. Фрезерувати контур плити начорно згідно програми	6Т13Ф3- 1	Фреза кінцева Ø 40, Т15К6	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05	Пристрій спеціальний верстатній
030	Внутрішліфувальна 1. Шліфувати отвір Ø 75 мм. начорно, начисто.	3А227	Круг ЧЦ50х60х33 24А 32 С2 7 К5 35 м/с 1 кл. А	Штангенц иркуль ШЦ-1- 125-0.05	Патрон

2.6 Призначення режимів різання

2.6.1 Аналітичним методом

2.6.1.1 Розрахунок режимів різання на операцію 005 вертикально – фрезерна з ЧПУ

Різальний інструмент – фреза кінцева із пластинами твердого сплаву Т15К6, $D = 40$ мм, $z = 6$ ТУ2 – 035 – 591 – 77 [4].

Допоміжний інструмент – оправка 191.132.040.ТУ2.035.978.85, патрон 191113030 ТУ 2 – 035 – 896 – 85 [4].

Вимірювальний інструмент штангенциркуль ШЦ – II – 250 – 0,1, шаблон.

Глибина різання визначена із попередніх розрахунків

$$t = 2,5 \text{ мм.}$$

Призначаємо подачу на зуб фрези

$$S_z = 0,12 \frac{\text{мм}}{\text{об}} [4].$$

Період стійкості фрези

$$T = 80 \text{ хв. [4].}$$

Швидкість головного руху різання

1. визначаємо швидкість різання в мм/об, що допускається ріжучими властивостями фрези.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, [4] \quad (2.8)$$

де B – ширина фрезерування;

t – глибина фрезерування;

$C_v = 445$; $q = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$ $z = 10$ - коефіцієнти і показники степенів [4].

Період стійкості фрези $T=180\text{хв.}$ [4];

K_v – загальний поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}; [4]$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваної поверхні;

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}; [4];$$

де $n_v = 1,25$; [4];

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{210} \right)^{1,25} = 0,89;$$

$$K_{nv} = 0,8 [4]; K_{uv} = 0,83 [4];$$

Звідси

$$K_v = 0,89 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,59;$$

Отже:

$$V = \frac{445 \cdot 40^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,12^{0,35} \cdot 4,2^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,59 = 125 \text{ м/хв.};$$

Частоту обертання шпинделя верстата n , хв^{-1} , визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 40} = 1000 \delta \hat{a}^{-1}. \quad (2.9)$$

Отримана частота обертання підходить по паспортним даним верстата.

Швидкість головного руху подачі $S_{\text{хв.}}$, мм/хв. , визначаємо за формулою

$$S_{\text{хв.}} = S_z \cdot n \cdot Z = 0,12 \cdot 1000 \cdot 6 = 720 \text{ мм/хв.} \quad (2.10)$$

Отримана подача підходить по паспортним даним верстата (безступеневе регулювання).

Силу різання P_z , Н, визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\mu p}, \quad (2.11)$$

де C_p – коефіцієнт;

x, y, u, q, w – показники степені;

$$K_{\mu p} = \left(\frac{\sigma_{\dot{a}\dot{o}}}{750} \right)^n, \quad (2.12)$$

де $n = 0,3$ [4].

$$K_{\mu p} = \left(\frac{420}{750} \right)^{0,3} = 0,84$$

$B = 20$ мм.

$C_p = 12,5$; $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 1,0$; $q = 0,73$; $w = -0,13$ [4].

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2,5^{0,85} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 20^{1,0} \cdot 6}{40^{0,73} \cdot 1000^{-0,13}} \cdot 0,84 = 721 \text{ Н}$$

Потужність різання $N_{\text{різ.}}$, кВт, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{різ.}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{721 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 1,47 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Потужність на шпинделі верстата $N_{\text{шп.}}$, кВт, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{шп.}} = N_d \cdot \eta, \quad (2.14)$$

де N_d – потужність двигуна головного руху верстата, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії верстата.

$$N_d = 7,0 \text{ кВт}$$

$$\eta = 0,8$$

$$N_{\text{шп.}} = 7,0 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кВт.}$$

Різання можливе, так як виконується умова

$$N_{\text{різ.}} > N_{\text{шп.}}, \quad 1,47 > 5,6 \text{ кВт.}$$

Основний час на перехід T_o , хв., визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{хв.}}} \cdot i, \quad (2.15)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм;

i – кількість проходів

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + y, \quad (2.16)$$

де $l_{\text{різ.}}$ – довжина різання, мм;

y – довжина врізання та перебігу інструмента, мм.

$$l_{\text{різ.}} = 715 \text{ мм}$$

$$y = 18 \text{ мм}$$

Остаточно довжину робочого ходу інструмента визначаємо після складання керуючої програми.

$$T_o = \frac{715+18}{720} = 1,02 \text{ хв}$$

2.6.2 Розрахунок режиму різання, основного технологічного часу на перехід свердлування отворів табличним методом

Призначимо режими різання для свердлування отвору $\varnothing 26$ мм.

1. Вибір інструменту

Використовуємо свердло спіральне з циліндричним хвостовиком із Р6М5.

2. Глибина різання

$$t = 0.5D = 0.5 \cdot 26 = 13 \text{ мм}$$

3. Подача $S = 0.2 \text{ мм/об}$

4. Швидкість $V_m = 16 \text{ м/хв. [4]}$

$$V = V_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.17)$$

де K_1, K_2, K_3 - поправочні коефіцієнти

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

Швидкість свердлування:

$$V = 16 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1.2 \cdot 0.8 = 17.8 \text{ м/хв.}$$

Число обертів інструмента:

$$n = (1000 V) / (\pi d) = (1000 \cdot 17.8) / (3.14 \cdot 17) = 333,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 334 \text{ об/хв.}$ (Регулювання обертів верстата безступеневе).

5. Осьова сила різання $P_o = 213 \text{ Н. [4]}$

6. Потужність при обробці:

$$N_p = N_t \cdot K \cdot n / 1000, \quad (2.18)$$

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

$$N_p = 0.7 \cdot 0.6 \cdot 334 / 1000 = 0.14 \text{ кВт.}$$

7. Час обробки

$$T = (L+y+\Delta) \cdot i / (S_o \cdot n), \quad (2.19)$$

де $L = 20$ мм; $y = 1$ мм; $\Delta = 2$ мм;.

$$T_o = (20+1+2)/(0.2 \cdot 334) = 0.34 \text{ хв.}$$

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

Таблиця 2.5. Режими різання

Назва переходу	S_z , мм/з уб	t , мм	S_o , мм/о б	$S_{xв}$, мм/ хв	V , м/хв	n , об/х в	P_z , Н	N_p/N_b	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 Токарна з ЧПУ									
1. Підрізати торець		2.5	0.5	-	109.9	350	492	0.88	2.4
2. Точити зовнішню поверхню		2.5	0.5	-	109.9	350	492	0.88	
3. Точити пов. $\varnothing 100$ мм		2.5	0.5	-	109.9	350	380	0.58	
4. Точити пов. $\varnothing 75$ мм начорно, начисто.		0.4	0.2	-	109.9	350	340		
5. Зняти фаску.		1,5	0.2	-	109	350	250		
6. Вдрізати на довжину 130 мм									
015 Довбальна									
1. Добати паз довжиною 130 мм.		20	-	60	16	-	450	0,8	2,49

Закінчення таблиці 2.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
020 Вертикально-свердлувальна з ЧПУ 1. Зацентрувати 4 отвори 2. Свердлити 4 отвори Ø8,2 мм на довжину 19 мм. 3. Нарізати різьбу у 4 отворах М10.	- - -	2 4,1 1	0,2 0,22 1	- - -	18 16 4	900 700 35	48 56 6	0,15 0,38 0,1	4,9
030 Внутрішліфувальна 1. Шліфувати отвір Ø 75 мм. начорно, начисто.	-	0,1 5	0,1	-	30м/ с	2600	-	350	2,9

2.7 Технічне нормування операцій технологічного процесу

Приведемо розрахунок нормування операції, а саме 025 і приведемо в записці, а інші розраховуються і зводяться в таблицю 2.6.

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

$$T_{ш.к.} = \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.20)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.21)$$

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_v - допоміжний час обробки, хв. ;

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

$T_{від}$ - час відпочинку, хв.» [6].

$$T_o = 2.4 \text{ хв.}$$

$$\langle T_v = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим} \rangle \quad (2.22)$$

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.» [6]

$$T_{вст} = 0.14 \cdot 1.5 = 0.21 \text{ хв.}, [6]$$

$$T_{кер} = (0.01 + 0.035 + 0.05 + 0.04 \cdot 4) \cdot 1.5 = 0.382 \text{ хв.}, [6]$$

$$T_{з.о} = 0.02 \text{ хв.}, [6]$$

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

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

де 1.5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - багатосерійний, [6]

$$\langle T_{о.б.} + T_{від.} = P_{об.від} \cdot \left(\frac{T_o + T_v}{100} \right) \rangle \quad (2.23)$$

де $P_{об.від}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби.

$$P_{об.від} = 6 \% \text{,} \text{» [6].}$$

$$T_{о.б.} + T_{від.} = 6 \cdot \left(\frac{2.35 + 1.122}{100} \right) = 0.208 \text{ хв.},$$

$$T_{шт.} = 2.4 + 1.14 + 0.21 = 3.78 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з.} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв.}, [6]$$

$$\text{Тоді} \quad T_{\text{ш.к.}} = \frac{23}{210} + 3,78 = 3,81 \text{хв.}$$

Розрахунки норм на інші операції заносимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Норми часу на операції

№ опер	То	Твст	Тз	Ткер	Тви м	Тдоп	Тоб+Тві д	Тшт	Тп.з	Тшт. к
1	2		4	5	6	7	8	9	10	11
005	1,02	0,21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	2,1	20	2,14
010	2.4	0.21	0.04	0.38	0.51	1.14	0.21	3.78	23	3.81
015	2.49	0.21	0,046	0.795	0.55	1.601	0.237	4.37	20	4.4
020	4.9	0.21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	5.94	20	5.98
025	3.02	0.21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	5,1	20	5,14
030	2,9	0.21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	3,94	20	3,96

2.8 Оформлення технологічної документації

Проводимо оформлення технологічної документації. Заповнюємо карти: маршрутного технологічного процесу та операційного з ескізами операцій.

Технічну документацію представлено у додатках.

Підготовка управляючої програми для обробки деталі/

Алгоритм програми управління (укладаємо за циклограмою руху інструмента та операційним технологічним процесом)

- 1) Установити, закріпити інструмент;
- 2) Вийти у нуль верстата (в ручному режимі);
- 3) Установити, закріпити заготівку (вручну);
- 4) Задати режим обробки (S 1000; F 720);
- 5) Задати напрямок обертання шпинделя верстата;
- 6) Ввести плаваючий нуль 1 (G54);
- 7) Швидко (G00) вийти у вихідну точку (BT);

- 8) Швидко опуститися по вісі Z до координати - 23 і ввести корекцію на довжину інструмента;
- 9) На робочій подачі вийти на еквідистанту (ввести корекцію на радіус інструмента), ввімкнути МОР;
- 10) Обробити контур (по опорних точках);
- 11) Вийти у кінцеву точку (КТ) і вимкнути МОР;
- 12) піднятися по осі Z, вийти в Т.КТ; відмінити корекцію на довжину та радіус інструмента;
- 13) Відмінити дію плаваючого нуля;
- 14) Кінець програми.

Фрезерувати контур деталі.

Розрахунок та визначення координат опорних точок контуру (див. ОРТК).

Нуль деталі вибираємо в центрі отвору $\varnothing 75$. Оскільки пристрій ЧПУ забезпечує можливість корекції радіуса інструмента, то програмуємо опорні точки контуру деталі, а при пересуванні з В.Т. до точки 1 введемо корекцію на радіус (вихід на еквідистанту).

Розрахунку підлягають опорні точки 3 та 4 і дзеркальні їм – 6 та 7. Опорні точки 3 та 4 є точками дотику прямої до двох кіл і для визначення їх координат скористаємось рекомендаціями літератури [8] ст. 127.

З трикутника $A_0,0$ (рис. 2.3) маємо:

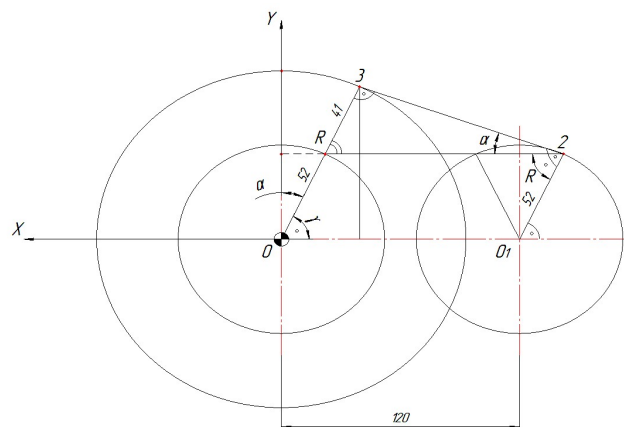


Рисунок 2.2 - Розрахунок координат опорних точок 3 та 4

$$\beta = \arcsin \frac{R_0 - R_1}{\sqrt{(x_{0_1} - x_0)^2 + (y_{0_1} - y_0)^2}} = \arcsin \frac{93 - 52}{\sqrt{120^2 + 0}} = \arcsin \frac{41}{120} = \arcsin 0,34166; \beta = 19' 55''$$

Кут нахилу до осі абсцис радіуса R_0 :

$$\gamma = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 19' 55'' = 70^\circ 05''.$$

Координати точок дотику:

$$X_3 = X_0 + R_0 \cdot \cos\gamma = 0 + 93 \cdot \cos 70^\circ 05'' = 93 \cdot 0,3397 = 31,59 \text{ мм}$$

$$Y_3 = Y_0 + R_0 \cdot \sin\gamma = 0 + 93 \cdot \sin 70^\circ 05'' = 93 \cdot 0,94 = 87,42 \text{ мм}$$

$$X_4 = X_{0_1} + R_1 \cdot \cos\gamma = 120 + 52 \cdot \cos 70^\circ 05'' = 120 + 52 \cdot 0,3397 = 137,66 \text{ мм}$$

$$Y_4 = Y_{0_1} + R_1 \cdot \sin\gamma = 0 + 52 \cdot \sin 70^\circ 05'' = 52 \cdot 0,94 = 48,88 \text{ мм}$$

Координати інших точок беремо з креслення руху інструмента і занесемо у виконану на цьому ж листі таблицю координат опорних точок.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для верстата з ЧПК

Згідно із завданням необхідно спроектувати пристрій для та свердлування отворів на 025 операції для верстата з ЧПК.

3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Схема базування вибирається з аналізу постановки розмірів на деталі. Отвори розміщені симетрично вісі деталі тому приймаємо зовнішню поверхню втулки за базу та торець заготовки. Цим базовим поверхням у верстатному пристрої відповідають поверхня корпусу пристрою та призматичні губки. На рис. 3.1. показана схема базування.

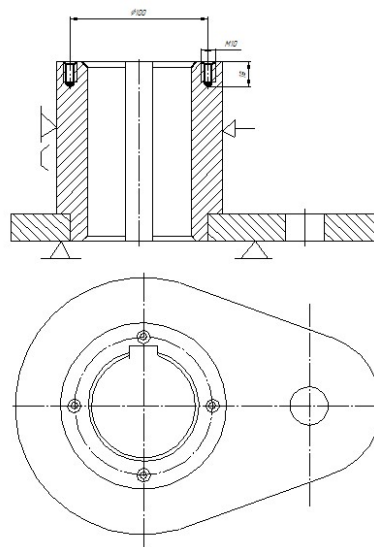


Рисунок 3.1 – Схема базування

3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

В якості установочних елементів використовуємо призматичну губку на

які деталь встановлюється зовнішню поверхнею втулки, а базовим торцем деталь встановлюється на площину корпуса пристрою.

3.1.3 Розрахунок точності обробки

«Допустима похибка обробки :

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

де T- допуск на розмір, $T = 0.11 \text{ мм}$

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,

$$\xi_{\delta} = 0.5 \cdot T_d (1/\sin\alpha - 1) = 0.5 \cdot 0.11 (1/\sin 45 - 1) = 0.02 \text{ мм.}$$

$$\xi_3 - \text{похибка закріплення, } \xi_3 = 0.012 \text{ мм.}$$

$\xi_{\text{пр}}$ - похибка пристрою» [8].

$$\xi_{\text{пр}} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) 0.11 = (0.0275 \dots 0.011) \text{ мм.}$$

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

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

$$\Delta_{\text{доп}} = 0.11 - 1.2 \cdot 0.02 = 0.096 \text{ мм.}$$

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

3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Розрахунок приводу пристрою ведемо по переходу свердлування отворів,. На рис. 3.3 показано схему базування та закріплення з вказаним напрямом дії сил різання та закріплення.

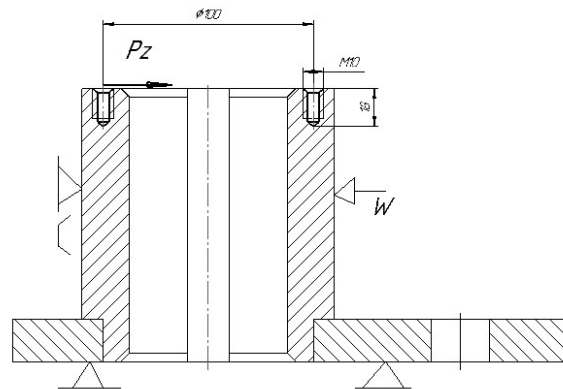


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення

Розрахунок сили затиску ведемо з рівняння рівноваги заготовки:

$$P_z \cdot k = W,$$

де $P_z = 56 \text{ Н}$. $k = 1,5$.

$$W = 56 \cdot 1,5 = 84 \text{ Н}.$$

3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

Затискний механізм складається з важільної системи, яка приводиться у

дію пневмокаерою. Зворотний хід механізму виконується за допомогою пружин (рис. 3.3).

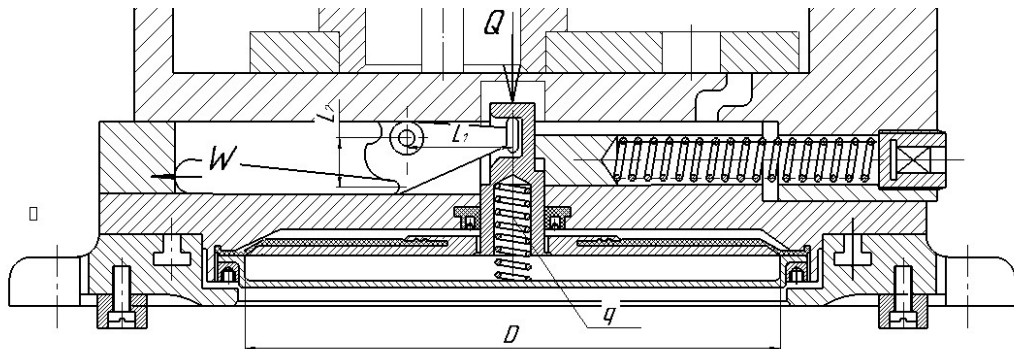


Рисунок. 3.3 – Загальний вигляд приводу пристрою

Знаходимо зусилля на штокові пневмокамери урахувавши важільний механізм за формулою:

$$W \cdot L2 = Q \cdot L1, \quad (3.3)$$

де $L1 = 50$ мм; $L2 = 20$ мм.

$$Q = \frac{W \cdot L1}{L2} = \frac{84 \cdot 50}{20} = 210 \text{ Н}$$

Врахуємо величину стискання пружин.

$$Q_{\text{шт.}} = 210 + 60 + 120 = 390 \text{ Н.}$$

Розрахунок внутрішнього розміру пневмокамери ведемо за формулою [13] враховуючи, що робоча порожнина штокова:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{шт.}}}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 390}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,98} + 16^2} = 39,2 \text{ мм,}$$

де p – розрахунковий тиск повітря в системі, $p = 0,4$ МПа

Дана конструкція пристрою дозволяє швидко переналагоджувати на інші деталі подібного типу для виконання свердлування отворів тому приймаємо внутрішній діаметр пневмокамери 260 мм., а діаметр штоку 30 мм.

Фактичне зусилля на штокові розраховуємо за формулою при максимальному тиску у системі $P = 0,63$ МПа:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d_{ш}^2)}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot (260^2 - 30^2)}{4} 0,63 \cdot 0,98 = 32326 \text{ Н}$$

де p – максимальний тиск повітря в системі, $p = 0,63$ МПа

3.1.6 Розрахунок на міцність елемента пристрою

«Визначимо найбільш навантажені елементи верстатного пристрою» [11].

Розрахунку на міцність підлягає різьбове з'єднання кріплення штоку до тарілки пневмокамери.

Діаметр різьби визначається за формулою:

$$d = \sqrt{4Q / (\pi\sigma)}, \quad (3.4)$$

де Q - сила що діє на різьбу, $Q = 32326$ Н.;

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 32326}{3,14 \cdot 320}} = 18 \text{ мм.}$$

Для кріплення штока до тарілки вибрано різьбу М30.

Отже умова міцності виконана діаметр різьби М30 > 18 мм, розміри різьби вибрано вірно.

3.1.7 Принцип роботи пристрою

Деталь встановлюється на площину корпусу пристрою та циліндричною поверхнею у призму нерухому (рис.3.4). Подаємо стиснене повітря у штокову порожнину пневмокамери і шток при русі униз діє на важіль, який штовхає сурик уліво стискаючи зворотну пружину та затискаючи заготовку затискають заготовку. Деталь встановлена і затиснута – проводиться оброблення. Після зняття тиску у системі пружини розтискають заготовку і її замінюють на іншу.

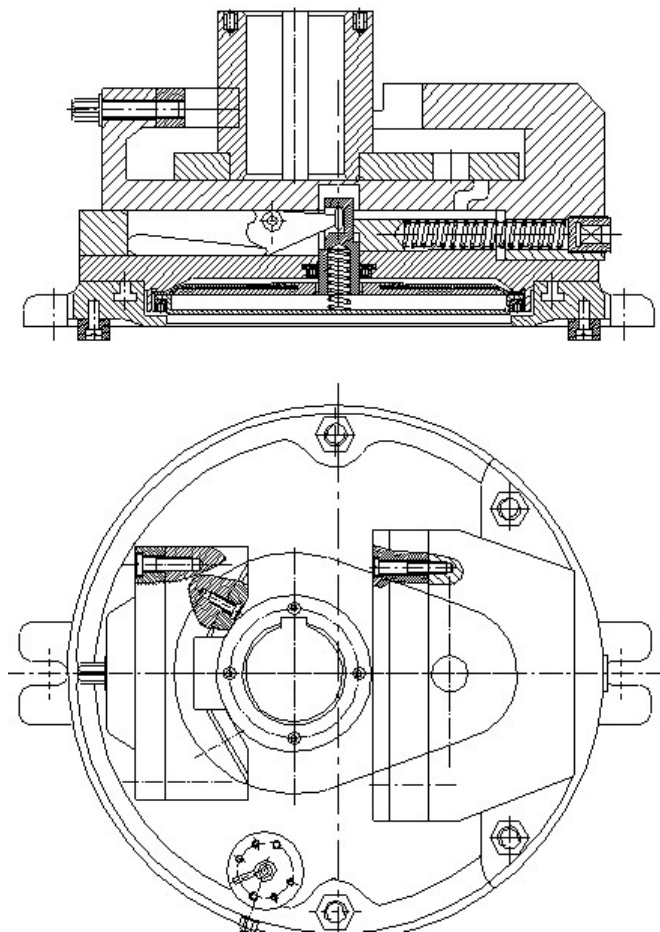


Рисунок. 3.4 – Загальний вигляд пристрою

3.2 Проектування контрольного пристрою

3.2.1 Технічні умови, що підлягають контролю та розрахунок розмірів калібру-пробки

Розрахувати граничні і виконавчі розміри калібрів для контролю у деталі Отвору $\varnothing 75H7(+0,25)$. Побудувати схему полів допусків і накреслити ескіз пробки.

Граничні відхилення отвору:

Отвір: $\varnothing 75H7(+0,025)$ мм.

3.2.2 Розрахунок розмірів калібру пробки

Граничні розміри отвору і вала:

$$D_{\max} = D + ES = 280 + 0,025 = 75,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 75 + 0 = 75 \text{ мм};$$

Допуски та відхилення граничних калібрів для отвору

$H = 0,004$ мм; $Z = 0,0035$ мм; $Y = 0,003$ мм.

Розрахунок граничних та виконавчих розмірів калібр-пробки.

Прохідного боку:

– номінальний розмір

$$ПР = D_{\min} + Z = 75 + 0,0035 = 75,0035 \text{ мм};$$

– граничні розміри

$$ПР_{\max} = ПР + H/2 = 75,0035 + 0,004/2 = 75,0055 \text{ мм};$$

$$ПР_{\min} = ПР - H/2 = 75,0035 - 0,004/2 = 75,0015 \text{ мм};$$

– межа спрацювання

$$ПР_{зН} = D_{\min} - Y = 75 - 0,003 = 74,997 \text{ мм};$$

– виконавчий розмір

$$ПР_{вик} = ПР_{\max}(-H) = 75,0055 - 0,004 \text{ мм.}$$

Непрохідного боку:

– номінальний розмір

$$H_E = D_{\max} = 75,025 \text{ мм};$$

– граничні розміри

$$H_{E\max} = H_E + H/2 = 75,025 + 0,002 = 75,027 \text{ мм};$$

$$H_{E\min} = H_E - H/2 = 75,025 - 0,002 = 75,023 \text{ мм};$$

– виконавчий розмір

(1.1)

$$H_{E\text{вик}} = H_{E\min}(-H) = 75,027 - 0,004 \text{ мм.}$$

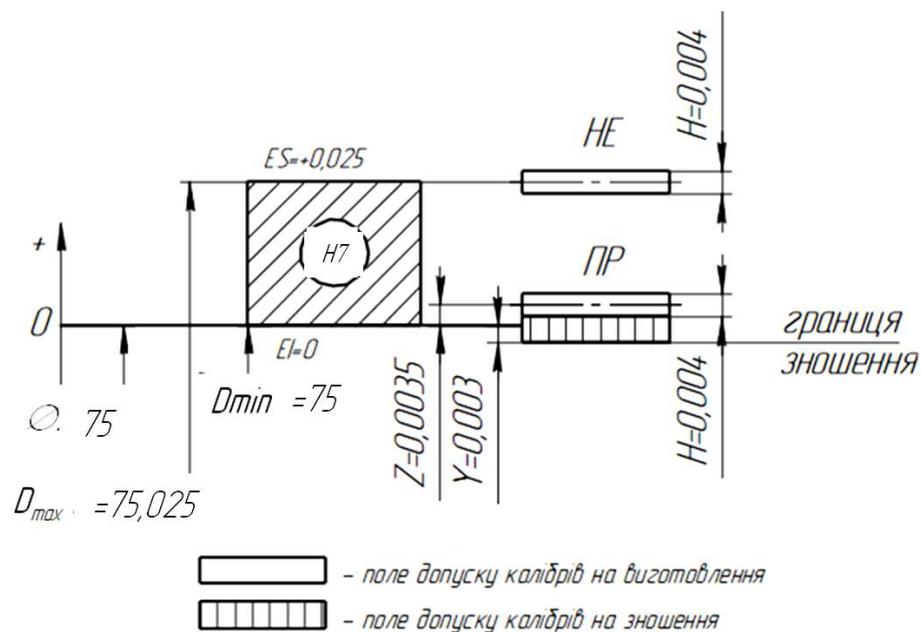


Рисунок. 3.5 – Схема полів допусків

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних факторів технологічного процесу з точки зору охорони праці

«Будь який технологічний процес, що впроваджується у виробництво, повинен відповідати правилам та нормам по охороні праці, а саме: єдиним правилам, що розповсюджуються на всі галузі народного господарства; міжгалузевим правилам, які розповсюджуються на декілька галузей; галузевим правилам, що розповсюджуються на окремі галузі, характерні своєю специфічністю.

Небезпечний виробничий фактор призводить до травм, а шкідливий виробничий фактор призводить до професійного захворювання» [12].

«Небезпечні виробничі фактори поділяють на:

1. Фізичні: транспортні засоби, що рухаються; рухомі елементи конструкцій обладнання; пересувні вироби та заготовки; конструкції споруд, що руйнуються; стружка; низька або підвищена температура; недостатня освітленість робочого місця; рівень шуму та інше.
2. Хімічні.
3. Біологічні.
4. Психофізіологічні.

При вірній організації робочого місця дія небезпечного виробничого фактора зводиться до мінімуму.

Для вірної організації робочого місця необхідно забезпечити:

1. Вірне планування робочого місця та раціональне оснащення його відповідним сучасним обладнанням та технологічною оснасткою.
2. Оптимальне просторове положення матеріальних засобів виробництва.

3. Раціональне кольорове фарбування обладнання.

4. Нормоване освітлення робочого місця.

Важливе місце серед правил та норм відводиться системі стандартів безпеки праці, що являє собою комплекс пов'язаних стандартів, націлених на забезпечення безпеки праці.

Контроль та нагляд за виконанням норм та правил виконують спеціально вповноваженні державні організації та інспекції, що не залежать від діяльності підприємства; та професійні союзи, а також їм підпорядковані технічна та правова інспекції праці. Вищий нагляд за точним виконанням законодавства про працю покладається на генерального прокурора держави» [12].

«Технологічний процес, що проектується має порівняно традиційний характер для машинобудівного комплексу. Він складається з процесу отримання заготовки (штамбування), механічної обробки на металорізальних верстатах, контролю браку, транспортування та складування.

При транспортуванні заготовок на дільниці механічної обробки, враховуючи програму випуску та масу деталі, передбачені пересувні візки.

Внаслідок недотримання правил користування візками, або недбалості персоналу, може виникати небезпека травмування робітників дільниці.

Шкідливими виділеннями можуть бути гази, що утворилися в наслідок випаровування МОР, при обробці деталі на шліфувальних операціях, негерметичність акумуляторних батарей електрокар, що застосовуються для транспортування великих партій деталей на склад .

Небезпечним є використання відпрацьованих, за строком використання, тросів, редукторів і таке інше. Також існує загроза ураження електричним струмом від електричних машин, наприклад термічних печей, для гартування деталей струмом високої частоти. Є небезпека отримання опіків, при роботі з печами. Необхідно ретельно вивчити та дотримуватись технічних характеристик та умов в експлуатації обладнання та транспортних засобів» [12].

«Механічна обробка деталі з сталі на токарних верстатах різцями дає зливну стружку. Цей тип стружки характеризується гострими краями, великою довжиною та складністю видалення її з зони різання. Тому для подрібнення стружки та полегшення видалення її з зони різання необхідно встановлення накладних стружколомів на різцях.

До шкідливих факторів можна віднести те, що під час абразивної обробки на завершальній операції (шліфуванні поверхні), в повітря виділяється велика кількість металевого та абразивного пилу.

Пил - основний шкідливий фактор на багатьох промислових підприємствах, обумовлений недосконалістю технологічних процесів. Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій $0,1-0,2 \text{ мг/м}^3$, в промислових центрах, де діють великі підприємства він не буває нижче $0,5 \text{ мг/м}^3$, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м^3 . Значення ГДК для нейтрального пилу, що не має отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м^3 .

Основні фізико-хімічні властивості пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), будова частинок, розчинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційна границя вибуховості суміші пилу з повітрям, електричні властивості та ін. Знання усіх цих показників дає можливість оцінити ступінь небезпечності та шкідливості пилу, його пожежо- та вибухонебезпечність.

Промисловий пил може бути класифікований за різними ознаками:

- за походженням - органічний (рослинний, тваринний, штучний пил) і неорганічний (мінеральний, металевий пил) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);
- за способом утворення - дезінтеграційний (подрібнення, нарізання, шліфування і т.п.), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів).
- за отруючою дією на організм людини - нейтральний (не токсичний для

людини пил) та токсичний (отруюючи організм людини)» [12].

«Дисперсний склад характеризує пилові частки за розміром і, значною мірою, обумовлює властивості пилу. Для організму людини найбільш небезпечний пил, що складається з часток розміром до 0,015 мкм, тому що погано затримується слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів і потрапляє далеко в легеневу тканину. Також має значення форма частинок пилу. Частинки зазубреної колючої форми небезпечніше за сферичні, бо подразнюють шкіру, легеневі тканини та слизові оболонки, даючи змогу просмоктуватися в організм інфекційним мікроорганізмам, що супроводжують пил або знаходяться у повітрі. Це призводить до атрофічних, гіпертрофічних, гнійних, виразкових та інших змін слизових оболонок, бронхів, легень, шкіри; веде до катару верхніх дихальних шляхів, виразковому захворюванню носової перетинки, бронхіту, пневмонії, кон'юнктивіту, дерматиту та інших захворювань. Довгострокове вдихання пилу, що попадає в легені, визиває пневмоконіоз. Найбільш небезпечна його форма силікоз - розвивається при систематичному вдиханні пилу, що містить вільний діоксид кремнію SiO_2 . Борошняний, зерновий пил та деякі інші можуть спричинити хронічний бронхіт.

Деякі види пилу (свинцевий, миш'яковий, марганцевий і т.п.) обумовлюють отруєння і ведуть до функціональних змін ряду органів і систем. Отрути, що надходять до організму через дихальні шляхи, створюють підвищену небезпеку, тому що безпосередньо потрапляють у кров.

У технологічному процесі має місце металевий та абразивний пил, він не є отруйним, але може викликати зовнішні подразнення слизових оболонок, та шкіри.

Побічна дія пилу на людину полягає в тому, що при підвищеній запиленості повітря змінюється спектр інтенсивності сонячної радіації (поглинання та розсіювання ультрафіолетового випромінювання), знижується освітленість.

Пилові частки здатні сприймати електричний заряд безпосередньо із базового середовища (пряма адсорбція іонів із повітря), так і в результаті тертя часток пилу між собою або безпосередньою контакту з якою-небудь зарядженою поверхнею. Встановлено, що із загальної кількості пилових часток, які заносяться з повітрям в дихальні шляхи, затримуються слизовими оболонками переважно заряджені частки.

Задимленість повітря робочої зони несе особливу загрозу здоров'ю людини за рахунок того, що в легені потрапляють окрім димового пилу ще й токсичні гази CO та CO₂, про небезпеку яких зазначалося вище.

Небезпека пилу може бути для людини дуже великою, якщо пил містить радіоактивне забруднення, яке можна встановити тільки вимірюванням спеціальними приладами. Запиленість повітря шкідлива також для обладнання, яке швидко спрацьовується і виходить із ладу» [12].

«Ще одним негативним явищем є виділення тепла в зоні обробки.

Значне виділення тепла в зоні обробки при роботі на шліфувальному верстаті, а також можливе відлітання розпечених часточок металу є небезпечним для органів зору а при попаданні їх на шкіряні покриви можливі мікро опіки в наслідок високої температури останніх.

На токарних верстатах з ЧПУ 16K20Ф3 передбачено захисний екран, знімати який дозволяється тільки після закінчення повного циклу обробки деталі, та зупинки шпинделя.

Для всіх механічних операцій, а саме - фрезерно-центрувальна, токарна, горизонтально - фрезерна, вертикально - свердлильна, шліфувальна небезпечною є зона різання, тому слід додержуватись правил експлуатації конкретного виду обладнання. Небезпеку створюють органи верстатів, що рухаються, у шліфувальному верстаті - шліфувальний круг та заготовка, у токарному, фрезерному - шпиндель, та пристрої, для закріплення інструменту або деталі.

Всі верстати живляться від електромережі, тому існує небезпека

ураження працюючих електричним струмом. Обов'язково необхідно передбачити в верстаті захисне заземлення.

На операції свердлувальній операції (свердлування отвору) пристрій для затиску деталі має пневматичний привід, тому при миттєвому відключенні стиснутого повітря можливе розкріплення деталі, що може стати причиною травматизму або нещасного випадку. Для запобігання цього необхідно передбачити запобіжні пристрої, які б мали змогу захистити робітника чи попередити його про небезпеку.

Загалом, технологічний процес, що проектується, виконується без застосування високотоксичних, вибухонебезпечних та інших рідин, що можуть створити небезпеку для людини. Практично всі можливі ситуації небезпечні для здоров'я та праці робітників можна попередити дотримуючись правил експлуатації обладнання та безпеки праці» [12].

5 ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Ступиця» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки однієї частини з листа лазерною порізкою та другої з круглого прокату.

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

В розділі охорони праці приведено аналіз небезпечних факторів технологічного процесу з точки зору охорони праці.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Технологія машинобудування. [Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
3. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
4. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
5. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
6. 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.
7. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
8. 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.
9. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726 с.

10. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

11. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

12. 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.

13. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.