

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Конструкторсько-технологічний
проєкт обробки поршня з
детальною розробкою затискного
пристрою»**

Виконав здобувач вищої освіти IV-го
курсу групи ГМ-22мб-3
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Артем ГИРИЧ

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет

| | |
|------------------------------|--|
| Факультет | Механіко-технологічний |
| Кафедра | Машинобудування, мехатроніки і робототехніки |
| Рівень вищої освіти | перший (бакалаврський) |
| Галузь знань | 13 Механічна інженерія |
| Спеціальність | 133 Галузеве машинобудування |
| Освітньо-професійна програма | 133 Галузеве машинобудування |

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММіР
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ Гиричу Артему Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Конструкторсько-технологічний проєкт обробки поршня з детальною розробкою затискного пристрою

2. Керівник роботи: _____ к.т.н., доцент Андрій ГРЕЧКА

3. Строк подання роботи до захисту _____ 01 червня 2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи

Мета роботи: розробка конструкторсько-технологічного проєкту обробки поршня на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації та з детальною розробкою затискного пристрою для фрезерної операції.

Завдання:

- виконати аналіз точності та технологічності деталі;
- виконати аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки;
- проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявити його переваги та недоліки, розробити раціоналізований технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу;
- спроектувати заготовку, схеми механічної обробки та затискне пристосування.

Анотація

ГИРИЧ Артем. Конструкторсько-технологічний проєкт обробки поршня з детальною розробкою затискного пристрою. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти / кер. кваліф. роб. А.І. Гречка; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. – 44 с.

В роботі виконано опис деталі «поршень» та її службового призначення, аналіз точності та технологічності, аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки, аналіз базового технологічного процесу, визначено його переваги та недоліки, розроблено раціоналізований технологічний процес, вибрано металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розраховано припуски, режими різання та норми часу; спроектовано заготовку, схеми механічної обробки та затискний пристрій.

Актуальність: підвищення продуктивності та зменшення собівартості виготовлення деталі за рахунок раціоналізації технологічного процесу, автоматизація виробництва шляхом застосування сучасних металорізальних верстатів.

Практичне значення: розроблено раціоналізований технологічний процес виготовлення деталі «поршень».

Ключові слова: технологічний процес, поршень, удосконалення.

Summary

HYRYCH Artem. Design and technological project for piston machining with detailed development of the clamping device. Qualification work at the first (bachelor's) level of higher education / head of qualification work A.I. Hrechka; Central Ukrainian national technical university – Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. – 44 p.

The work includes a description of the part “piston” and its purpose, an analysis of accuracy and manufacturability; an analysis of the part material and the method of manufacturing the workpiece; an analysis of the basic technological process for manufacturing the part, its advantages and disadvantages were identified, a rationalized technological process was developed, metal-cutting machines, clamping, auxiliary and control devices were selected, allowances, cutting modes and time standards were calculated; the workpiece, machining schemes and the clamping device were designed.

Topicality: increasing productivity and reducing the cost of manufacturing parts by rationalization of the technological process and automating production through the use of modern machine tools.

Practical significance: rationalized technological process for manufacturing “piston” part has been developed.

Keywords: technological process, piston, improvement.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Конструкторсько-технологічний проєкт обробки поршня з детальною розробкою затискного пристрою»

КРБ.ГМ.25.05.23.00.00 ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти IV-го
курсу групи ГМ-22мб-3
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Артем ГИРИЧ

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 8 |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ | 9 |
| 1.1 Дані про оброблювану деталь, технологічність конструкції, технічні вимоги | 9 |
| 1.2 Аналіз базового технологічного процесу | 10 |
| 1.3 Вибір і обґрунтування типу виробництва | 10 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 12 |
| 2.1 Вибір та обґрунтування методу одержання заготовки | 12 |
| 2.2 Розробка раціоналізованого технологічного процесу | 12 |
| 2.3 Вибір та обґрунтування баз | 16 |
| 2.4 Визначення міжопераційних припусків, розмірів і допусків | 17 |
| 2.5 Вибір устаткування, пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів | 20 |
| 2.6 Визначення режимів різання і основного часу | 22 |
| 2.7 Визначення норм часу | 29 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА | 33 |
| 3.1 Конструювання та розрахунок пристрою до операції | 33 |
| 3.2 Конструювання та розрахунок спеціального різального інструменту | 33 |
| 3.3 Розробка і розрахунок конструкції вимірювального інструменту або пристрою | 35 |
| 3.4 Розрахунок сили затиску затискного пристосування для фрезерної операції 015 | 38 |
| ВИСНОВКИ | 42 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 43 |

ВСТУП

Поява нових інструментальних матеріалів, удосконалення конструкції та геометрії самих інструментів дозволяє значно інтенсифікувати процес обробки, а розробка нових конструкцій металорізальних верстатів забезпечує їх реалізацію на практиці на новому рівні. До того ж концентрація операцій на нових зразках верстатів сприяє оптимізації технологічних процесів, помітно скорочуючи непродуктивні втрати часу на обробку деталей. Таким чином розробка нових раціоналізованих технологічних процесів деталей з вибором усіх сучасних складових елементів його реалізації є актуальною задачею та має практичну цінність.

Метою даної роботи є розробка конструкторсько-технологічного проекту обробки поршня на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації та з детальною розробкою затискного пристрою для фрезерної операції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз точності та технологічності деталі;
- виконати аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки;
- проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявити його переваги та недоліки, розробити раціоналізований технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу;
- спроектувати заготовку, схеми механічної обробки та затискне пристосування.

Практичне значення – розроблено раціоналізований технологічний процес виготовлення деталі «поршень».

1. ЗАГАЛЬНІ ДАНІ

1.1 Дані про оброблювану деталь, технологічність конструкції, технічні вимоги

Вихідні данні: креслення деталі поршень; маса деталі 0.62 кг; габаритні розміри Ø80 x 97; матеріал деталі сталі 40Х ГОСТ 4543-71.

Основними конструкторськими базами деталі є циліндричні поверхні діаметрами 80h7, 35H7 та 25h7 мм. Вони визначають точність установки деталі.

Найбільш відповідальною поверхнею поршня є циліндрична поверхня діаметром 35h7 мм. Він працює як посадкове місце, тому повинен володіти підвищеною зносостійкістю з відповідним параметром шорсткості.

Конструкція поршня дозволяє проводити обробку на оправках, тобто. забезпечити суміщення технологічних і вимірювальних баз, а також виконати вимогу сталості баз, що гарантує співвісне розташування робочих поверхонь валу. На деталі є канавки для поліуретанових колец. Співвідношення квалітетів точності та параметрів шорсткості більшості оброблених поверхонь є оптимальним.

Таким чином, технологічність конструкції деталі «Поршень» після якісного аналізу можна оцінити як хорошу за всіма показниками.

Конструкторським документом передбачається Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, яка відповідає необхідним технічним вимогам креслення. Сталь 40Х застосовується для розподільних/колінчастих валів, кулачків, циліндрів, бандажі, шпинделі, шестірні, вал-шестірні, інші вироби

Наявність вуглецю у сталі обумовлено високими показниками міцності, маючи при цьому невелику в'язкість та пластичність.

Хімічний склад даного матеріалу обраний з джерела [14] і наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Хімічний склад в відсотках %

| Si | Mn | Cu | As | Ni | S | C | P | Cr |
|-----------|---------|-----|------|-----|------|----------|-------|------|
| 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,04 | 0,42-0,5 | 0,035 | 0,25 |

1.2 Аналіз базового технологічного процесу

На базовому підприємстві деталь «Поршень» виготовляється в умовах одиничного виробництва. Тому у якості заготовки використовується круглий прокат Ø85 мм. Для скорочення розходу металу та зниження трудомісткості механічної обробки я пропоную використати заготовку – штамповку, отриману на КГШП.

На свердлильній операції замість верстату свердлильної групи я пропоную використати токарно-револьверний верстат мод. 1П365, який дозволяє зменшити час на заміну ріжучого інструменту. Також в заводському технологічному процесі розвертання отвору відбувається стандартною машиною цільною розверткою, я пропоную використати качающоюся оправку, яка компенсує незбіжність осей і зробить ідеальний отвір.

Замість універсальних вимірювальних засобів (штангенциркулі, мікрометри, тощо) я пропоную використати для контролю робочим і контролером граничні калібри (калібри – скоби, спеціальні шаблони).

Все вищезгадане дозволяє скоротити час на механічну обробку і контроль деталі і таким чином підвищити продуктивність праці.

1.3 Вибір і обґрунтування типу виробництва

Для подальшого проектування технологічного процесу обробки деталі необхідно визначити тип виробництва, від якого залежать тип використаних металорізальних верстатів (універсальні, напівавтомати або автомати),

пристроїв, різального і вимірювального інструменту (універсальний або спеціальний).

Для попереднього визначення типу виробництва можна використати дані з таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.2 Визначення типу виробництва

| Маса деталі, кг | Тип виробництва | | | | |
|-----------------|-----------------|---------------|-------------|----------------|---------|
| | одиничне | мілко-серійне | серійне | велико-серійне | масове |
| менш 1кг | <10 | 10-2000 | 1500-100000 | 100000-200000 | >200000 |
| 1 – 2,5 | <10 | 10-1000 | 1000-50000 | 50000-100000 | >100000 |
| 2,5-5 | <10 | 10-500 | 500-35000 | 35000-75000 | >75000 |

При масі деталі 0,62 кг та річному випуску $N = 1000$ штук згідно цієї таблиці тип виробництва мілкосерійне.

Серійне виробництво характеризується тим, що виготовляється обмежений асортимент продукції. Деталі для обробки до робочого місця надходять не штуками, як при одиничному виробництві, а періодично певними партіями.

Залежно від розміру партії розрізняють дрібно-, середньо- та великосерійне виробництво.

Для серійного типу виробництва характерна велика номенклатура виробів, однак значно менша, ніж за одиничного типу виробництва. Як правило, виготовлення значної частини продукції в умовах серійного виробництва періодично повторюється протягом року або ряду років, що дає можливість організувати цей випуск на технологічно спеціалізованих дільницях (передусім це стосується організації середньо- та великосерійного виробництва).

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та обґрунтування методу одержання заготовки

Варіантом заготівлі для виготовлення деталі може бути сталева штампована ковка, отримана гарячою об'ємною штамповкою. І тут форма заготівлі значною мірою наближена до форми готової деталі, та її конфігурація і конструктивні елементи залежить від виду застосовуваного технологічного устаткування. Вважаємо, що для прийнятих умов виробництва заготівля формуватиметься у закритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах. Штампування на кришипних пресах в 2-3 рази продуктивніше, ніж штампування на молотах, припуски і допуски зменшуються на 20-35%, витрата металу знижується на 10-15%. [1]

Виходячи з вищепереліченого, приймаємо наступний спосіб отримання заготівлі - штампування в закритих штампах на кривошипних гарячештампувальних пресах. [2]

Як заготівля для механічної обробки деталі буде використовуватися сталева штампована ковка, отримана гарячим об'ємним штампуванням. У цьому випадку форма заготівлі значною мірою наближена до форми готової деталі в тій її частині, де перепади щаблів понад 5 мм. Вважаємо, що для умов серійного виробництва заготівля формуватиметься в закритих штампах з плоскою горизонтальною площиною роз'єму на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) [8]. Заготівля наведена в кресленні Поршень заготівля.

2.2 Розробка раціоналізованого технологічного процесу

Маршрут обробки деталі «Поршень Ст40Х» Наведений в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі.

| № опер. | Найменування операції | Обладнання | Пристрій |
|---------|--|--|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | Токарна 1.Підрізати торець $\varnothing 83,8^{+1,4}_{-0,8}$; 2.Точити зовнішній $\varnothing 83,8^{+1,4}_{-0,8}$; в розмір $\varnothing 81,5_{-0,22}$; 3.Підрізати торець $\varnothing 62^{+1,4}_{-0,8}$ і розточити отвір $\varnothing 62^{+1,4}_{-0,8}$ в розмір $\varnothing 64^{+0,19}$ | Токарно-гвинторізний верстат мод.16K20 | Патрон 3-х кул. самоцентрівний |
| 010 | Свердлильна 1.Розсверлюємо отвір $\varnothing 22^{+1,4}_{-0,8}$ в розмір $\varnothing 23,5^{+0,21}$; 2.Зенкеруємо отвір $\varnothing 23,5^{+0,21}$ в розмір $\varnothing 24,7^{+0,084}$; 3.Розгортуємо отвір $\varnothing 24,7^{+0,084}$ в розмір $\varnothing 25^{+0,021}$ | Токарно-револьверний верстат мод. 1П365 | Патрон 3-х кул. самоцентрівний |
| 015 | Фрезерна Фрезерувати лиску шириною $20^{+0,084}$ мм на довжину 2 мм | Вертикально-фрезерний консольний верстат мод. 6P10 | Пристрій ексцентриковий |
| 020 | Токарна 1. Підрізати торець розміром $\varnothing 39,2^{+1,4}_{-0,8}$ мм витримуючи довжину 97 мм 2. Точити $\varnothing 39,2^{+1,4}_{-0,8}$ в розмір $\varnothing 36,3_{-0,25}$ і підрізати торець $\varnothing 81,5_{-0,22}$ мм витримуючи розмір 18 мм. 3. Точити $\varnothing 36,3_{-0,25}$ в розмір $\varnothing 35,3_{-0,062}$ мм 4. Точити конус зовнішній під кутом 10° на довжину 5мм. 5. Точити конус внутрішній під кутом 10° на довжину 5мм | Токарно-гвинторізний верстат мод.16K20 | Патрон 3-х кул. самоцентрівний |
| 025 | Токарна 1. Точити 2 фаски під кутом 45° і $\varnothing 81,5_{-0,22}$ в розмірі QUOTE $\varnothing 80,5$ $\varnothing 80,3_{-0,074}$, $\varnothing 79_{-0,074}$, $\varnothing 74,4_{-0,074}$ мм., витримуючи довжини 4 і 4,7 мм. | Токарно-гвинторізний верстат мод.16K20 | Оправка центрована |

Продовження таблиці 2.1

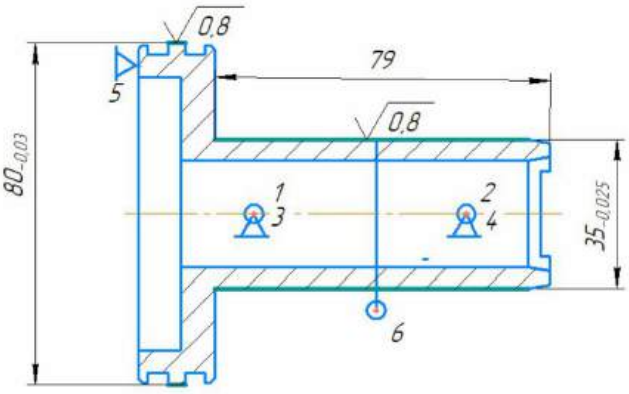
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---|---|---------------------|
| 030 | Кругошліфувальна 1. Шліфувати QUOTE Ø80,5 Ø80,3 _{-0,074} в розмір Ø80 _{-0,03} мм. 2. Шліфути Ø35,3 _{-0,062} в розмір Ø35 _{-0,03} мм. | Кругошліфова льний верстат мод. 3A164 | Оправка центрова |

Операційні ескізи на кожну операцію, наведені в Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Операційні ескізи на кожну операцію

| № опер. | Операційний ескіз |
|---------|--|
| 005 | <p>Technical drawing of a stepped shaft for operation 005. The drawing shows a shaft with a diameter of 81.5 mm and a length of 19 mm. It features a central hole with a diameter of 64 mm and a depth of 10 mm. The surface finish is Ra 6.3. The drawing is annotated with numbers 1 through 6 indicating specific features or operations.</p> |
| 010 | <p>Technical drawing of a stepped shaft for operation 010. The drawing shows a shaft with a diameter of 25 mm and a length of 87 mm. It features a central hole with a diameter of 25 mm and a depth of 52.5 mm. The surface finish is Ra 0.8. The drawing is annotated with numbers 1 through 6 indicating specific features or operations.</p> |

| 1 | 2 |
|-----|---|
| 015 | |
| 020 | |
| 025 | |

| | |
|-----|--|
| 1 | 2 |
| 030 | <div style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{I})}$</div>  <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні розміри по H12, h12 ± $\frac{IT12}{2}$.</i></p> |

2.3 Вибір та обґрунтування баз

Вихідні данні: креслення деталі поршень.

Для забезпечення правильного та незмінного положення при обробці деталі обирається ряд баз, тобто поверхонь, які визначають її положення відносно вибраної системи координат. Базування необхідно на всі стадіях створення виробу. [3]

При обробці поршня на першій операції базою є необроблена зовнішня поверхня і необроблений торець. У подальшій обробці базою є попередньо оброблені поверхні. А при остаточній обробці базою буде точний отвір $\text{Ø}25^{+0,021}$.

Таблиця 2.3 Поопераційні базові поверхні поршня

| № опер. | Найменування операції | Обробні поверхні | Базові поверхні | Характер бази |
|---------|-----------------------|--|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 005 | Токарна | Торець, зовнішня поверхня і отвір $\text{Ø}64$ | Зовнішні пов. $\text{Ø}80$ мм і торець | Чорнова |

Продовження таблиці 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|-------------|--|---------------------------------|---------|
| 010 | Свердлильна | Отвір Ø25H7 | Торець і зовнішня поверхня | Чистова |
| 015 | Фрезерна | Лиска 20b | Отвір Ø25H7 і зовнішня поверхня | Чистова |
| 020 | Токарна | 2 торці і зовнішня поверхня | Отвір Ø64 і торець | Чистова |
| 025 | Токарна | Зовнішня поверхня, 2 канавки і 2 фаски | Отвір Ø25H7 | Чорнова |
| 040 | Шліфувальна | Точні зовнішня поверхня Ø35h7 і Ø80h7 | Отвір Ø25H7 | Чорнова |

2.4 Визначення міжопераційних припусків, розмірів і допусків

Припуски на механічну обробку значною мірою впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язане зі збільшенням машинного часу при чорновій обробці, як у разі виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів різання у разі значної глибини різання. При цьому підвищується витрата ріжучого інструменту та загальні витрати на експлуатацію робочого місця. [4]

Методику розрахунку зображено для зовнішньої поверхні діаметром 35h7 мм. Технологічні допуски кожного переходу МОП призначаються з урахуванням економічної точності обробки (чорнове точення – 12 квалитет, чистове точення – 10 квалитет, чернове шліфування – 8 квалитет). По кожному допуску знаходимо відповідний припуск на сторону. [5]

Розрахунковий розмір для кожного переходу МОП призначають починаючи з останнього шляхом послідовного додавання припуску до мінімального розміру поверхні по кресленню (34,975мм):

$$D_4 = 34,975\text{мм}$$

$$D_3 = D_4 + t_3 = 34,975 + 0,3 = 35,275 \text{ мм}$$

$$D_2 = D_3 + t_2 = 35,275 + 1,0 = 36,275 \text{ мм}$$

$$D_1 = D_2 + t_1 = 36,275 + 2,9 = 39,175 \text{ мм}$$

де D_i – розрахунковий розмір, мм

t_i – припуск на механічну обробку, мм

Отримані значення приймають як мінімальний операційний розмір після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску.

Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних величину технологічного допуску.

$$D_{\max_1} = D_{\min_1} + IT_1 = 37,6 + 1,6 = 39,2 \text{ мм}$$

$$D_{\max_2} = D_{\min_2} + IT_2 = 36,05 + 0,25 = 36,3 \text{ мм}$$

$$D_{\max_3} = D_{\min_3} + IT_3 = 35,2 + 0,1 = 35,3 \text{ мм}$$

$$D_{\max_4} = D_{\min_4} + IT_4 = 34,975 + 0,025 = 35 \text{ мм}$$

де D_{\min_i} – мінімальний операційний розмір для кожного методу обробки поверхні, мм;

IT_i – допуск на розмір, мм.

Граничні припуски кожного переходу МОП визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах:

$$Z_{\min_1} = D_{\min_1} - D_{\min_2} = 37,6 - 36,05 = 1,55 \text{ мм}$$

$$Z_{\min_2} = D_{\min_2} - D_{\min_3} = 36,05 - 35,2 = 0,85 \text{ мм}$$

$$Z_{\min_3} = D_{\min_3} - D_{\min_4} = 35,2 - 34,975 = 0,225 \text{ мм}$$

$$Z_{\max_1} = D_{\max_1} - D_{\max_2} = 39,2 - 36,3 = 2,9 \text{ мм}$$

$$Z_{\max_2} = D_{\max_2} - D_{\max_3} = 36,3 - 35,3 = 1 \text{ мм}$$

$$Z_{\max_3} = D_{\max_3} - D_{\max_4} = 35,3 - 35 = 0,3 \text{ мм}$$

Результат розрахунку припусків на механічну обробку табличним методом наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Припуски на механічну обробку

| МОП | Припуск t , мм | Розрахунковий розмір, D мм | Допуск к ІТ, мкм | Розміри, мм | | Припуск, мм | |
|--|------------------|------------------------------|------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | | | D_{\min} | D_{\max} | Z_{\min} | Z_{\max} |
| Зовнішня $35h7 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,025 \end{smallmatrix} \right)$ | | | | | | | |
| Заготівля | | 38,575 | 2200 | 38,575 | 40,775 | - | - |
| Точіння чорнове | 2,2 | 36,275 | 250 | 36,275 | 36,525 | 2,2 | 4.25 |
| Точіння чистове | 1,0 | 35,275 | 100 | 35,275 | 35,375 | 1,0 | 1.15 |
| Шліфування | 0,3 | 34,975 | 25 | 34,975 | 35 | 0,3 | 0.375 |
| Зовнішня $97h14 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -1,3 \end{smallmatrix} \right)$ | | | | | | | |
| Заготівля | | 101 | 2200 | 98,8 | 101 | | |
| Точіння | 4 | 97 | 870 | 96,1 | 97 | 2,7 | 4 |

Схема розташування припусків різних стадій обробки для зовнішньої поверхні діаметром $35h7$ наведено на рисунку 2.1.

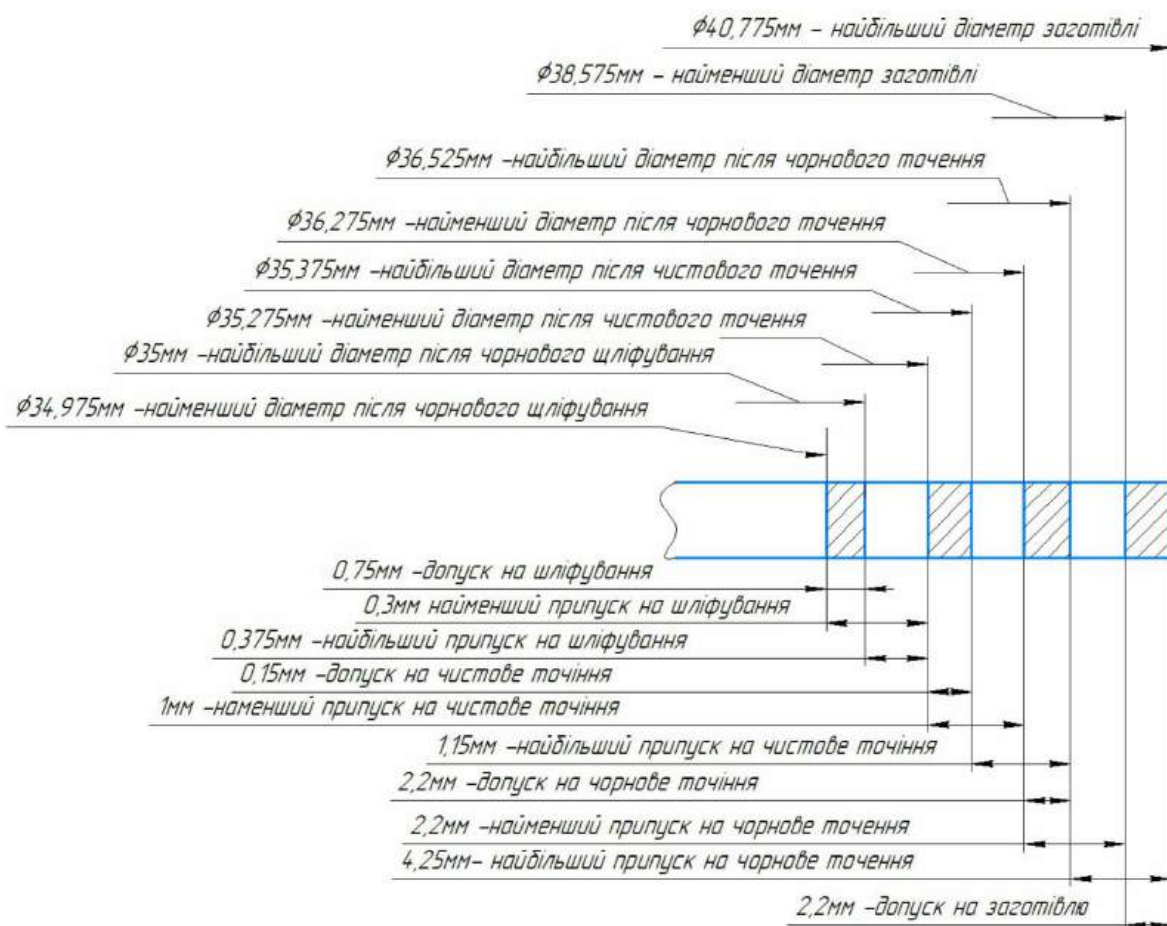


Рис. 2.1. Схема розташування припусків і допусків на обробку поверхні

2.5 Вибір устаткування, пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів

Устаткування, пристрої, різальні і вимірювальні інструменти, які було обрано, наведенні в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Технологічне оснащення техпроцесу виготовлення поршня

| № п/п | Найменування операції | Устаткування | Пристрій | Різальний інструмент | Вимірювальний інструмент |
|-------|-----------------------|--------------|----------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|-------------|---|---|---|---|
| 005 | Токарна | Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20 | Патрон 3-х кул. 7102-0097-2-1 ГОСТ 24351-80 | 1. Різець 2130-0367 ГОСТ 18874-73 2. Різець 2100-2352 ГОСТ 28980-91 3. Різець 2140-0289 ГОСТ 26612-85 | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 010 | Свердлильна | Токарно-револьверний верстат мод.1П365 | Патрон 3-х кул. 7100-0015 ГОСТ 2675-80 | 1. Свердло 2301-0081 ГОСТ 10903-77 2. Зенкер 2320-2593 ГОСТ 12489-71 3. Розвертка 2363-0901 ГОСТ 20389-74 | Калібр пробка 8133-0939 ГОСТ 14810-69 |
| 015 | Фрезерна | Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р10 | Ексцентриковий | 1. Фреза 2223-2881 ГОСТ 23248-78 | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 020 | Токарна | Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20 | Патрон 3-х кул. 7102-0097-2-1 ГОСТ 24351-80 | 1. Різець 2130-0367 ГОСТ 18874-73 2. Різець 03113-110304 ГОСТ 19042-80 3. Різець 2100-2352 ГОСТ 28980-91 4. Різець 2100-2352 ГОСТ 28980-91 5. Різець 2140-0289 ГОСТ 26612-85 TNUN 160408 ГОСТ 2500381 | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|-------------|--|--|--|--|
| 025 | Токарна | Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20 | Оправка 7110-0386-1 ГОСТ 31.1066.0 3-77 | Тангенціальний фасонний різець 2100-0405 | Шаблон |
| 030 | Шліфувальна | Круглошліфувальний верстат мод.3А164 | Оправка 7110-0386-1 ГОСТ 31.1066.0 3-77 | Круг ПП 600×40×305 25А 24 С1 К8 35 м/с ГОСТ 2424-83 | Калібр-скоба 8118-0006h7 ГОСТ 2216-84, Калібр-скоба 8118-0013 h7 ГОСТ 2216-84. |
| 035 | Мийна | Мийна машина | - | - | - |
| 040 | Конт-рольна | Стіл БТК | - | - | 3 попередніх операцій |

2.6 Визначення режимів різання і основного часу

Розрахунок режимів різання 005 операції:

1. Переход

Глибина різання $t = 1$ мм.

Подача $S_0 = 0,25$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S_0^y} \times K_v = \frac{47}{60^{0,2} \times 1 \times 0,25^{0,8}} \times 1 = 41,8 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$m = 0,2$, $y = 0,8$, $x = -$, $K_v = 1$, $C_v = 47$, $T = 60$ хв.

Швидкість шпинделя n , об/хв

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 42}{3,14 \times 83,8} = 166,4 \text{ об/хв.}$$

де $D = 40$ – діаметр оброблюваної деталі

Приймаємо по паспортним даним станка 160 об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 80 \times 160}{1000} = 40,2 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_0 , хв

$$L_{px} = l + \Delta l = 22 + 2 = 24 \text{ мм}$$

$$T_{01} = \frac{L_{px}}{S_o \times n} = \frac{24}{0,25 \times 2500} = 0,6 \text{ хв.}$$

де $\Delta l = 2$ – довжина підходу, мм

Перехід 2.

Глибина різання $t = 1,2$ мм

Подача $S_o = 0,5$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S_o^y} \times K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 1,2^{0,15} \times 0,5^{0,35}} \times 1 = 183 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$m = 0,2$, $y = 0,35$, $x = 0,15$, $K_v = 1$, $C_v = 350$, $T = 60$ хв.

Швидкість шпинделя n , об/хв

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 183}{3,14 \times 83,8} = 695 \text{ об/хв.}$$

де $D = 83,8$ – діаметр оброблюваної деталі

Приймаємо по паспортним даним станка 630 об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 83,8 \times 695}{1000} = 182 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_0 , хв

$$L_{px} = l + \Delta l = 20 + 2 = 22 \text{ мм}$$

$$T_{02} = \frac{L_{px}}{S_o \times n} = \frac{21}{0,5 \times 695} = 0,1 \text{ хв.}$$

чде $\Delta l = 2$ – довжина підходу, мм

Перехід: 3

Глибина різання $t = 1$ мм

Подача $S_o = 0,7$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S_o^y} \times K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 1,2^{0,15} \times 0,7^{0,35}} \times 1 = 160 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$m = 0,2$, $y = 0,35$, $x = 0,15$, $K_v = 1$, $C_v = 350$, $T = 60$ хв.

Швидкість шпинделя n , об/хв

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 62} = 820 \text{ об/хв.}$$

де $D = 62$ – діаметр оброблюваної деталі

Приймаємо по паспортним даним станка 800 об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 62 \times 800}{1000} = 155 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_0 , хв

$$L_{px} = 10 \text{ мм}$$

$$T_{03} = \frac{L_{px}}{S_0 \times n} = \frac{10}{0,5 \times 800} = 0,025 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання 010 операції:

1. Переход

Глибина різання $t = 0,75$ мм

Подача $S_0 = 0,7$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_0^y} \times K_v = \frac{16,2 \times 23,5^{0,4}}{50^{0,2} \times 0,75^{0,2} \times 0,7^{0,5}} \times 1 = 19 \text{ м/хв}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$q = 0,4$ $m = 0,2$, $y = 0,5$, $x = 0,2$, $K_v = 1$, $C_v = 16,2$, $T = 50$ хв.

Частота обертання деталі:

$$n_d = \frac{1000 \times V_d}{\pi \times D_d} = \frac{1000 \times 19}{3,14 \times 23,5} \approx 257 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспортним даним станка 274об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 23,5 \times 274}{1000} = 20 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_0 , хв

$$L_{px} = l + \Delta l = 87 + 2 = 89 \text{ мм}$$

$$T_{01} = \frac{L_{px}}{S_o \times n} = \frac{89}{0,7 \times 274} = 0,5 \text{ хв.}$$

де $\Delta l = 2$ – довжина підходу, мм

Перехід: 2

Глибина різання $t = 0,6$ мм

Подача $S_o = 0,7$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_o^y} \times K_v = \frac{18 \times 24,7^{0,6}}{50^{0,25} \times 0,6^{0,2} \times 0,7^{0,5}} \times 1 = 29 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$q = 0,6$ $m = 0,25$, $y = 0,5$, $x = 0,2$, $K_v = 1$, $C_v = 18$, $T = 50$ хв.

Частота обертання деталі:

$$n_d = \frac{1000 \times V_d}{\pi \times D_d} = \frac{1000 \times 29}{3,14 \times 24,7} \approx 373 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспортним даним станка 385 об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 24,7 \times 385}{1000} = 30 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_{01} , хв

$$L_{px} = l + \Delta l = 87 + 2 = 89 \text{ мм}$$
$$T_{01} = \frac{L_{px}}{S_o \times n} = \frac{89}{0,7 \times 385} = 0,36 \text{ хв.}$$

де $\Delta l = 2$ – довжина підходу, мм

Перехід: 3

Глибина різання $t = 0,15$ мм

Подача $S_o = 1$ (приймаємо за паспортними даними станка)

Сила різання V , м/хв

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_o^y} \times K_v = \frac{100,6 \times 25^{0,3}}{50^{0,4} \times 0,15^0 \times 1^{0,65}} \times 1 = 55 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнти вибрані з довідника [9]:

$q = 0,3$ $m = 0,4$, $y = 0,65$, $x = 0$, $K_v = 1$, $C_v = 100,6$, $T = 50$ х

Частота обертання деталі:

$$n_d = \frac{1000 \times V_d}{\pi \times D_d} = \frac{1000 \times 55}{3,14 \times 25} \approx 700 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспортним даним станка 777об/хв.

Справжня швидкість різання V_c , м/хв.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 777}{1000} = 60 \text{ м/хв.}$$

Машинний час T_0 , хв

$$L_{px} = l + \Delta l = 87 + 2 = 99 \text{ мм}$$

$$T_{01} = \frac{L_{px}}{S_o \times n} = \frac{89}{1 \times 777} = 0,12 \text{ хв}$$

де $\Delta l = 2$ – довжина підходу, мм

Режими різання операції 015, 020, 025, 030 занесено до таблиць 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 відповідно.

Таблиця 2.6 Режими різання на 015 операцію

| Фрезерна | S мм/об. | V м/хв | N об/хв | T хв |
|-----------|----------|--------|---------|------|
| Перехід 1 | 0,06 | 30 | 250 | 0,12 |

Таблиця 2.7 Режими різання на 020 операцію

| Токарна | S мм/об. | V м/хв | N об/хв | T хв |
|-----------|----------|--------|---------|------|
| Перехід 1 | 0,25 | 40 | 160 | 0,6 |
| Перехід 2 | 0,6 | 125 | 1000 | 1,35 |
| Перехід 3 | 0,6 | 130 | 1000 | 1,2 |
| Перехід 4 | 0,5 | 90 | 800 | 0,2 |
| Перехід 5 | 0,5 | 90 | 800 | 0,2 |

Таблиця 2.8 Режими різання на 025 операцію

| Токарна | S мм/об. | V м/хв | N об/хв | T хв |
|-----------|----------|--------|---------|------|
| Перехід 1 | 0,12 | 52 | 200 | 0,75 |

Таблиця 2.9 Режими різання на 030 операцію

| Токарна | S мм/об. | V м/хв | N об/хв | T хв |
|-----------|----------|--------|---------|------|
| Перехід 1 | 0,008 | 35 | 250 | 0,2 |
| Перехід 2 | 0,008 | 35 | 250 | 0,2 |

2.7 Визначення норм часу

Визначаємо технічні норми часу 005 операції [7]:

Загальний час, що витрачається на обробку поверхонь:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} = 0,6 + 0,1 + 0,3 = 1 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_d = T_{з.и.} + T_{у.с.} + T_{уп.} + T_{вим.} = 0,21 + 0,28 + 0,6 + 0,2 = 1,29 \text{ хв.}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_d + T_o = 0,88 + 1 = 2,29 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = T_{оп} \times 0,09 = 2,20 \times 0,09 = 0,2 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок та особисті потреби:

$$T_{відп} = T_{оп} \times 0,07 = 1,88 \times 0,07 = 0,16 \text{ хв.}$$

Штучний час виконання операції:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} = 1 + 1,29 + 0,2 + 0,16 = 2,65 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} \frac{T_{пз}}{n} = 2,65 \frac{15}{105} = 0,37 \text{ хв.}$$

де $n = 105$ – розмір партії, шт.

Розрахунок технічної норми часу на операції 005 «Токарна», 010 «Свердлильна», 015 «Токарна», 020 «Токарна», 025 «Фрезерна», 030 «Шліфувальна» наведено в таблицях 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15 відповідно.

Таблиця 2.10 Технічні норми часу операції 005

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 0,725 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,21 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і. | 0,28 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,6 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,2 |
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,2 |
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,16 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 2,375 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,37 |

Таблиця 2.11 Технічні норми часу операції 010

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 0,98 |
| 1 | 2 | 3 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,25 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і. | 0,3 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,24 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,32 |
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,2 |

Продовження таблиці 2.11

| 1 | 2 | 3 |
|-------|--|------|
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,15 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 2,44 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,34 |

Таблиця 2.12 Технічні норми часу операції 015

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 3,65 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,2 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і. | 0,4 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,3 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,2 |
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,4 |
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,3 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 5,45 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,7 |

Таблиця 2.13 Технічні норми часу операції 020

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 0,75 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,21 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і.. | 0,2 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,3 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,15 |
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,12 |
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,1 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 1,63 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,2 |

Таблиця 2.14 Технічні норми часу операції 025

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 0,12 |
| 1 | 2 | 3 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,21 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і. | 0,2 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,4 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,24 |

Продовження таблиці 2.14

| 1 | 2 | 3 |
|-------|--|------|
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,11 |
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,1 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 1,37 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,2 |

Таблиця 2.15 Технічні норми часу операції 030

| Норми часу | | Час, хв |
|------------|---|---------|
| То | Основний час | 0,4 |
| Тд | Допоміжний час на встановлення та зняття деталі, Туст | 0,37 |
| | Допоміжний час на заміну інструмента, Тз.і. | 0,3 |
| | Допоміжний час на керування верстатом, Ткер. | 0,24 |
| | Допоміжний час на вимір, Твим. | 0,32 |
| Торг | Час обслуговування робочого місця, 9% від Топ | 0,14 |
| Твідп | Час на відпочинок та особисті потреби 7% від Топ | 0,11 |
| Тшт | Штучний час виконання операції | 1,88 |
| Тпз | Підготовчо-заклучна | 15 |
| Тшт.к | Штучно-калькуляційний час | 0,3 |

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Конструювання та розрахунок пристрою до операції

У якості спеціального пристрою для операції я спроектував оправку для насадної розвертки $\text{Ø}25\text{H}7$ СПФК 005.29.018.00.00.

Стандартна машинна цільна розвертка зробить отвір $\text{Ø}25\text{H}7$ з майже шліфованою поверхністю і майже ідеальною паралельністю. Але якщо, задня бабка верстата не вирівняна з головною віссю верстата в межах 0,005 мм, то точний отвір не вийде.

Майже незмірне зміщення або кутова невідповідність можуть призвести до того, що отвір стане занадто великим, бочкоподібним і овальним.

Саме тому я сконструював качаюцююся опрвку для насадної розвертки $\text{Ø}25\text{H}7$, яка компенсує незбіжність вісі отвору з вісю розвертки.

Точність виготовлення конусів 1:30 –АТ6 ГОСТ 25557-82.

3.2 Конструювання та розрахунок спеціального різального інструменту

У якості спеціального різального інструменту я сконструював насадну розвертку $\text{Ø}25\text{H}7$ СПФК 005.28.018.00.00 для обробки отвору $\text{Ø}25\text{H}7$.

Розрахунок взято з джерел [1, 6].

1. Виконавчий діаметр розвертки D встановлюється в залежності від допуску на діаметр обробляемого отвору Δ , величини разбивки отвору P і допуску на виготовлення розвертки.

$$D = D_0 + \Delta - P_{max}$$

D_0 -діаметр обробляемого отвору;

P_{max} -максимальна величина разбивки отвору;

$$D = 25 + 0,021 - 0,012 = 25,01 \text{ мм.}$$

2. Діаметр кільцевих поясків визначається за формулою:

$$\begin{aligned} D_1 &= D - 0,4 \\ D_1 &= 25,01 - 0,4 = 24,97 \\ D_2 &= D - 0,2 \\ D_2 &= 25,01 - 0,2 = 24,99 \end{aligned}$$

3. Довжина заборної частини дорівнює:

$$l_1 = \frac{D - D_2}{2} \times \cot \varphi + m$$

$m=1...3$ (в залежності від діаметру розвертки)

$$l_1 = \frac{25,01 - 24,99}{2} \times \cot 12 + 3 = 6 \text{ мм.}$$

4. Ширина стрічки на калібруючій частині $f=0,3$ мм.

На переднім торці фаски снімають направляючу фаску під кутом 45° , яка запобігає розвертку від пошкоджень.

5. Величина кута при вершині: $\varphi = 12^\circ$

6. Довжина кільцевих поясків l_2 і l_3 дорівнює 2 мм.

Заборна частина здійснює основну роботу різання.

7. Довжина робочої частини розвертки:

$$l = 0,96 \times 25,01 = 24 \text{ мм.}$$

8. Довжина циліндричної частини:

$$l_4 = 0,5 \times l_2$$
$$l_4 = 0,5 \times 18 = 9$$

9. Загальна довжина розвертки: $L=35$ мм.

10. Число зубів $z=6$.

3.3 Розробка і розрахунок конструкції вимірювального інструменту або пристрою

В якості вимірювального інструменту вирішено сконструювати калібр скобу, для контролю діаметру $\varnothing 35h7\left(-0,025\right)$, так як ця поверхня є найбільш важливою в роботі поршня.

Визначаємо допуски і відхилення гладких калібрів. По номінальному розміру вала і по якості точності обраної посадки знаходимо відхилення і допуски для калібру-скоби, а також на контркалибри К-З, К-ПР, К-НЕ. Допуски й відхилення гладких калібрів визначені за ДСТУ 2234-93 [11].

Знайдені значення зазначені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Допуски й відхилення гладких калібрів, мкм

| Найменування параметрів | Скоба | |
|---|------------|----------|
| | Позначення | Величина |
| Розмір зрушення поля допуску прохідних калібрів усередину поля допуску деталі | z_1 | 3.5 |
| Розмір виходу допуску на зношування за кордон поля допуску деталі | Y_1 | 3 |
| Допуск на виготовлення калібру | H_1 | 4 |
| Допуск на виготовлення контркалибра | H_p | 1.5 |

Проектування калібру – скоби.

Для калібру-скоби вибираємо схему розташування полів допусків для розмірів до 180 мм, квалітетів з 6-го по 8-й [9–11].

Розрахунок виконавчих розмірів калібру-скоби.

Обчислюємо найбільші та найменші граничні розміри вала, мм:

$$d_{\max} = d_H + (+es) = 35 + 0 = 35 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d_H + (+ei) = 35 - 0,025 = 34,975 \text{ мм};$$

Виконавчі і граничні розміри скоби розраховуємо за формулами [9–11]:

$$ПР_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_1/2 = 35 - 0,0035 + 0,004/2 = 34,9985 \text{ мм}$$

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1/2 = 35 - 0,0035 - 0,004/2 = 34,9945 \text{ мм}$$

$$ПР-I = d_{\max} + Y_1 = 35 + 0,003 = 35,003 \text{ мм}$$

$$НЕ_{\max} = d_{\min} + H_1/2 = 34,975 + 0,004/2 = 34,977 \text{ мм}$$

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - H_1/2 = 34,975 - 0,004/2 = 34,973 \text{ мм}$$

В загальному

$$ПР = 34,9945^{+0,004} \text{ мм} \quad НЕ = 34,973^{+0,004} \text{ мм} \quad ПР-I = 35,003 \text{ мм}$$

Розмір контрольованого вала до 100 мм, тому вибираємо калібр-скобу односторонню за ГОСТ 18360-93 [13], що компактна, зручна в обігу. Креслення калібр-скоби подано в додатку.

На кожному калібрі повинно бути маркування, що включає:

- номінальний розмір контрольованого отвору (вала),
- умовна позначка поля допуску заданого розміру,
- числові величини граничних відхилень контрольованого отвору (вала) у мм,
- позначення тиму калібру ПР або НЕ.

Маркування виробляється на ручці пробки або на передньому торці вставки, у скоби – на лицьовій стороні.

Розрахунок контр калібрів для контролю скоби

Для контролю розмірів калібрів-скоб використовують контр каоібри.

Виконавчі розміри контр калібрів, відповідно до схеми розташування полів допусків розраховуються за формулами [9–11]:

$$K-PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_p/2 = 35 - 0,0035 + 0,005/2 = 34,9975 \text{ мм.}$$

$$K-PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_p/2 = 35 - 0,0035 - 0,005/2 = 34,99575 \text{ мм.}$$

$$K-I_{\max} = d_{\max} + Y_1 + H_p/2 = 35 + 0,003 + 0,005/2 = 35,00375 \text{ мм.}$$

$$K-I_{\min} = d_{\max} + Y_1 - H_p/2 = 35 + 0,003 - 0,005/2 = 35,00225 \text{ мм.}$$

$$K-HE_{\max} = d_{\min} + H_p/2 = 34,975 + 0,005/2 = 34,97575 \text{ мм}$$

$$K-HE_{\min} = d_{\min} - H_p/2 = 34,975 - 0,005/2 = 34,97425 \text{ мм}$$

Схема розташування полів допусків, зображена на рисунку 3.1.

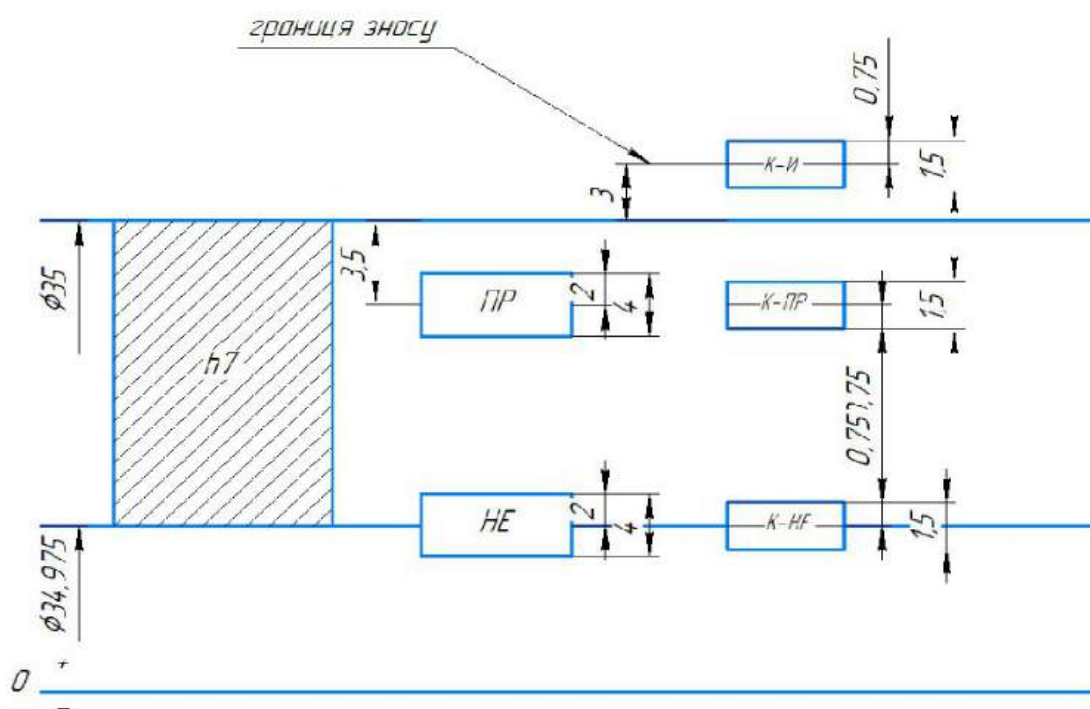


Рис. 3.1. Схема розташування полів допусків вала, калібру-скоби й контркалибрів

3.4 Розрахунок сили затиску затискного пристосування для фрезерної операції 015

Вихідні дані до розрахунку: сила різання P_z , конструктивні параметри заготовки r_s , r_p , конструктивні параметри затискного пристосування a , r_e , e .

Необхідно встановити силу F_p або довжину t .

Послідовність розрахунку. Схема до визначення сили затиску наведена на рис. 3.2.

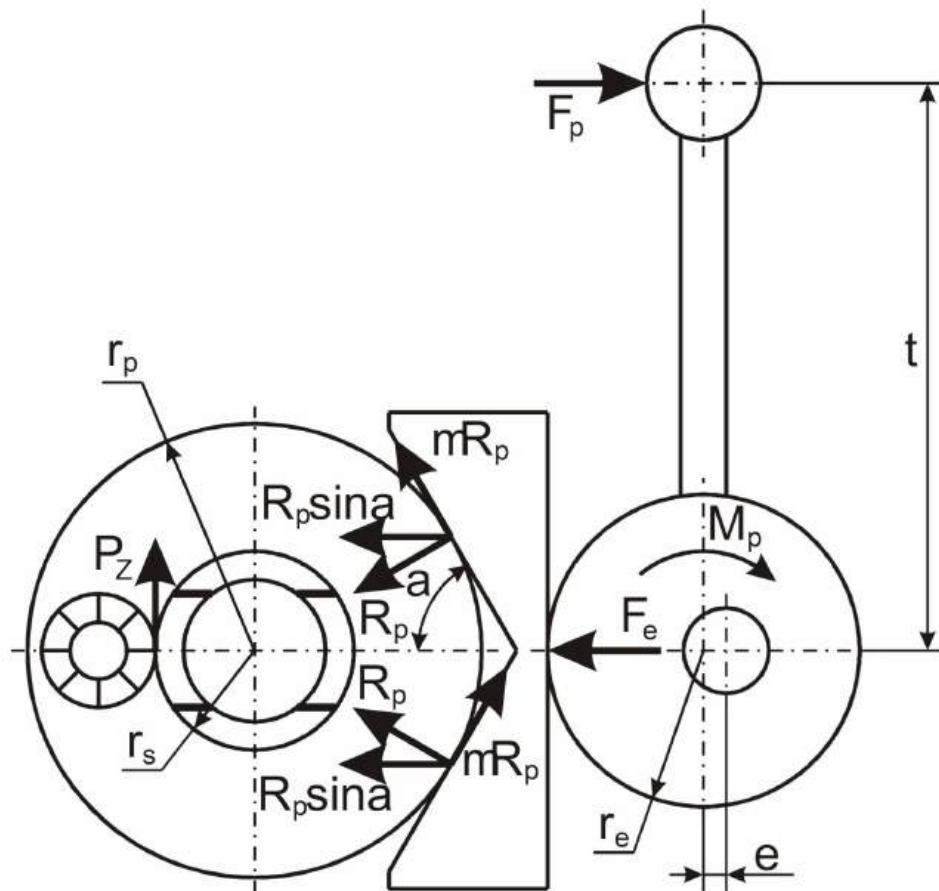


Рис. 3.2. Схема дії сил в затискному пристосуванні.

1. Крутний момент, що діє на заготовку від фрези $P_z r_s$.
2. Крутному моменту $P_z r_s$ повинен протидіяти момент від затискного пристосування $2\mu R_p r_p$, де R_p – реакція, що діє від площини призми на заготовку. Отже:

$$2m_p r_p = P_z r_s.$$

З даного виразу:

$$R_p = \frac{P_z r_s}{2m_p}.$$

3. Реакцію R_p , що діє від площини призми на заготовку, знаходимо із співвідношення:

$$F_e = 2R_p \sin a,$$

де F_e – сила, що діє на призму від ексцентрика, a – половина кута між робочими площинами призми.

4. Прирівняємо вирази для реакції R_p , знайдені в пунктах 2 і 3.

$$\frac{F_e}{2 \sin a} = \frac{P_z r_s}{2m_p}.$$

З даного виразу:

$$F_e = \frac{P_z r_s \sin a}{m_p}.$$

5. До ексцентрика від руки робітника прикладається момент $M_p = F_{pt}$ (t – довжина ручки), який перетворюється на силу F_e , що діє на призму від ексцентрика за залежністю:

$$F_e = \frac{F_p t}{e},$$

де e – величина ексцентриситету ексцентрика.

6. Прирівняємо вирази для сили F_p , знайдені в пунктах 4 і 5.

$$\frac{F_p t}{e} = \frac{P_z r_s \sin \alpha}{m_p}.$$

З даного виразу знаходимо шукану силу F_p :

$$F_p = \frac{P_z r_s e \sin \alpha}{m_p t}.$$

Проте сила F_p визначається нормативними вимогами з охорони праці, зокрема ДСТУ 3828-98 «Охорона праці. Ергономічні вимоги до ручних праць і трудових процесів» [12]. В такому випадку більш коректним буде визначення довжини ручки:

$$t = \frac{P_z r_s e \sin \alpha}{F_p m_p}.$$

Згідно зазначеного ДСТУ для тривалих повторюваних робіт сила від руки робітника до ручки затискного пристосування становить 30Н. Підставляємо відомі нам значення і отримуємо:

$$t = \frac{P_z r_s e \sin \alpha}{F_p m_p} = \frac{300 \times 7.5 \times 5 \times \sin 45^\circ}{30 \times 0.1 \times 40} \approx 155 \text{ мм.}$$

Прийняте значення коефіцієнта тертя становить $\mu=0.1$. В реальності в пристосуванні діятиме більш високе значення коефіцієнта тертя спокою. Більш високі значення коефіцієнта тертя сприятимуть меншому зусиллю, яке потрібно прикладати до ручки затискного пристосування. Розраховану довжину ручки при цьому залишаємо без змін.

На цьому розрахунок затискного пристосування вважаємо завершеним.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розв'язане важливе технічне завдання розробки конструкторсько-технологічного проекту обробки поршня на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації та з детальною розробкою затискного пристрою для фрезерної операції.

При розв'язанні даного завдання вирішено наступні задачі:

- проведено аналіз точності та технологічності деталі;
- проведено аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки;
- проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі, виявлено його переваги та недоліки, розроблено раціоналізований технологічний процес, вибрано металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розраховано припуски, режими різання та норми часу;
- спроектовано заготовку, схеми механічної обробки та затискне пристосування.

Вирішення поставлених задач сприяло зниженню трудомісткості виготовлення деталі поршень на 40 відсотків сумарно по всьому раціоналізованому технологічному процесу, а розробка затискного пристосування з ручним приводом дозволяє проводити операцію фрезерування автономно, без необхідності підключення до мережі стисненого повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбунов, В. А. Технологія машинобудування: підручник / В. А. Горбунов, М. С. Биков, С. М. Вдовиченко. — Харків: НТУ «ХП», 2020. — 488 с.
2. Калюжний, С. В. Основи технології машинобудування: навч. посіб. / С. В. Калюжний. — Київ: Ліра-К, 2018. — 352 с.
3. Ільченко, В. М. Технологічні процеси у машинобудуванні: навч. посіб. / В. М. Ільченко, В. І. Лещенко. — Кременчук: КрНУ, 2015. — 260 с.
4. Овчінніков, Ю. М. Технологія машинобудування: підручник / Ю. М. Овчінніков. — Львів: Новий світ–2000, 2017. — 376 с.
5. Швецов, В. І. Основи технології машинобудування: навч. посіб. / В. І. Швецов, О. В. Марков. — Одеса: ОНАХТ, 2016. — 228 с.
6. Мовчан, С. М. Технологія машинобудування: лабораторний практикум / С. М. Мовчан, М. Г. Гомон. — Вінниця: ВНТУ, 2019. — 144 с.
7. Герасименко, В. В. Основи технічного нормування в машинобудуванні: навч. посіб. / В. В. Герасименко. — Суми: СумДУ, 2014. — 180 с.
8. Дем'янчук, С. Ю. Основи проектування технологічних процесів / С. Ю. Дем'янчук. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. — 296 с.
9. Гудзь, С. І. Технологія машинобудування: довідник / С. І. Гудзь. — Київ: Кондор, 2013. — 512 с.
10. Старовойт, С. І. Оснащення технологічних процесів: навч. посіб. / С. І. Старовойт, Ю. І. Мельник. — Тернопіль: ТНТУ, 2018. — 254 с.
11. ДСТУ 2234-93. Основи технології машинобудування. Терміни та визначення. — К.: Держстандарт України, 1993. — 36 с.
12. ДСТУ 3828-98. Охорона праці. Ергономічні вимоги до ручних праць і трудових процесів. — К.: Держстандарт України, 1998. — 12 с.
- 13.

<https://elar>

[tu.tntu.edu.ua/bitstream](http://tu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45732/1/%D0%86%D0%B2%D0%B0%D1%81%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%BE_%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC.pdf)

[m/lib/45732/1/%D0%86%D0%B2%D0](http://tu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45732/1/%D0%86%D0%B2%D0%B0%D1%81%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%BE_%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC.pdf)

%

[B0%D1%81%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%BE_%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC.pdf](http://tu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45732/1/%D0%86%D0%B2%D0%B0%D1%81%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%BE_%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC.pdf)

14. <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/40x>

15. Павленко І.І. Захватні пристрої роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Захватні пристрої роботів: монографія. – Кропивницький: «КОД», 2020. – 386 с.

16. Skibinskyi, O. I. A Novel Design of Cutting Tool for Efficient Finishing of G-Rotors / O. I. Skibinskyi, A. O. Hnatiuk // Advances in Gear Theory and Gear Cutting Tool Design / [editors : S. P. Radzevich, M. Storchak]. – Cham, Switzerland: Springer, 2022. – P. 181-203.

17. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка. – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.

18. Щербина К.К. Експериментальне дослідження деформації пружно-гвинтового хона / К.К. Щербина, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, А.І. Гречка, Т.В. Дяченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 31-38.

19. Годунко М.О. Розробка методики силового розрахунку вертикально орієнтованого захватного пристрою / М.О. Годунко, О.А. Кислун, В.А. Мажара, В.К. Щербина, Р.А. Кравченко, В.В. Ключкін // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 7 (38). – С. 27-33.

20. Пузирьов О.Л. Аналіз ефективності впровадження волочильного стану для підготовки заготовок з металопрокату для верстатів з ЧПК / О.Л. Пузирьов, А.І. Гречка // Технології та інжиніринг. – К.: КНТУТД, 2024. – Вип. 5 (22). – С. 71-78.