




Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра


Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань - 13 Механічна інженерія
Спеціальність - 131 Прикладна механіка
Спеціалізація – Технології машинобудування
Освітня програма - Технології машинобудування

Шифр: ДРМ.ПМ.ФІТА.23.22387

Виконав студент 2-го курсу групи ПМТм-22-1  Дмитро КРАВЧУК
Керівник кандидат технічних наук, доцент  Свген УРБАНОК
Нормоконтролер кандидат технічних наук, доцент  Сергій БИСЬ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК

“ 20 ” 12 2023 р.

Хмельницький 2023 р.

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Кравчука Д.М.,
ФІТА, 2-го курсу, гр. ПІМТм-22-1

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. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений 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 (Unicheck 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.

30 грудня 2023р.

Дата

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (амн) перевірки текстів на плагіат:
Назва кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК»
Автор Кравчук Дмитро Миколайович
Освітня програма: Технології машинобудування
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Науковий керівник: Урбанок Є.А., к.т.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Помилка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підрозділи віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	-
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підрозділи віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить наявні текстові спотворення, передбачувані спроби укривти запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

User name: Кафедра ТМ Check ID:1015959171 Check date: 01.12.2023 14:31:13 EET
Check type: Doc vs Internet + Library Report date: 01.12.2023 14:40:03 EET User ID: 100005658
File name: МКР Кравчук Дмитро Миколайович
Page count: 105 Word count: 18729 Character count: 127505 File size: 3.78 MB File ID: 1015636133
8.16% Matches Highest match: 5.48% with Internet source (http://osvita.ua/vnz/reports/bjd/23490)
0.07% Quotes
7.33% Exclusions Some exclusions were automatic (exclusion filters; matched word count less than 8 words and 1%)
Modified Text modifications detected. Find more details in the online report.
7.59% Internet sources 3 1.54% Library sources 1
Quotes 1 No references found 6.73% Internet exclusions 805 4.22% Library exclusions 139
Replaced characters 95

«__» грудня 2023р.

Завідувач кафедри


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Інж. промисло

Гарант освітньої програми


Підпис

Анатолій ГОРДСЕВ
Інж. промисло

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Євген УРБАНЮК
Інж. промисло

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кравчук Дмитро Миколайович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 із використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

(підпис)

**ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРЕНКО**
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кравчук Д. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 16,67 %, задовільно 83,33 %.
шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 45,45 %, D 0,00 %, E 54,55 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Кравчук Д.М. виконав дипломну роботу магістра у відповідності із завданням, у повній обсязі. В процесі роботи виявив достатній рівень знань, які передбачені компетенціями спеціальності 131 Прикладна механіка. Завіси не оформлені відповідно до вимог записки-відповідності до змісту виконаних робіт, гратиме частину дипломної роботи теж.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

21 грудня 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

Віталій ТКАЧУК
(підпис, ім'я, прізвище)

20 грудня 2023 р.

РЕЦЕНЗИЯ

на кваліфікаційну дипломну роботу Кравчука Д.М.

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, її актуальність та зміст відповідають спеціальності 131 Прикладна механіка.

В загальному розділі дипломної роботи наведена загальна характеристика деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015», проведена оцінка її технологічності.

В технологічному розділі виконаний аналіз базового технологічного процесу, проведено обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски і їх допуски на основні поверхні деталі, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі з використанням верстатів з ЧПК, в тому числі, розраховані і призначені режими різання на операціях, виконане технічне нормування.

В конструкторському розділі дипломної роботи спроектовані два верстатні пристрої, контрольний пристрій, а також спеціальний інструмент - розвіртка.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості свердел, виготовлених із швидкорізальної сталі, нанесенням покриттів із застосуванням комбінованого іонно-плазменного оброблення.

В розділі «Безпека життєдіяльності» розглянуті заходи пожежної безпеки на машинобудівному підприємстві, техніка безпеки при підніманні та зніманні деталей з верстатів, а також окремі питання виробничої естетики.

В додатках надані розроблені супровідні матеріали до розділів роботи.

Наведені обґрунтування та розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки магістранта із загальноосвітніх та спеціальних дисциплін.

Графічна частина проекту виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням основних вимог до текстових документів технічних розробок.

Зауваження: 1) В технічних розробках для вирішення інженерних задач бажано використовувати пакет прикладних програм SolidWorks.

2) Наведена конструкція пристрою для оброблення отвору $\varnothing 15H7$ не дає повного уявлення про забезпечення установки деталі згідно технічних вимог, тобто, нахилу осі отвору відносно осі деталі у $12^\circ \pm 30'$.

Дипломна робота виконана згідно завдання в повному обсязі і загалом заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: к.т.н., доц. кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

 /Бабак О.П. /

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма Технології машинобудування
(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ /Ткачук В.П./
“ _____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кравчуку Дмитру Миколайовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема дипломної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК»

Керівник роботи Урбанюк Євген Антонович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ХНУ № _____ від “ _____ ” _____ 2023р.

2. Строк подання студентом проекту до захисту 18 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до дипломної роботи: кресленик деталі з технічними вимогами до її виготовлення; річна програма випуску $N=10000$ шт./рік; базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі; література; завдання на дипломну роботу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
1. Загальний розділ. 2. Технологічний розділ. 3. Конструкторський розділ. 4. Дослідницький розділ. 5. Безпека життєдіяльності. Висновки. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А1; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А1; 3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1; 5. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. $\varnothing 11 \pm 0,2$ та М8-6Н - 1 аркуш ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. $\varnothing 15 H7_{+0,018}$ - 1 аркуш ф.А1; 7. Складальний кресленик пристрою для контролю нециліндричності отв. $\varnothing 240_{+0,015}^{+0,073}$ - 1 аркуш ф.А1; 9. Кресленик розвіртки $\varnothing 15_{-0,018}$ - 1 аркуш ф.А2. 10. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Загальний розділ. 2. Технологічний розділ.	10.11.23	
2	3. Конструкторський розділ.	24.11.23	
3	4. Дослідницький розділ. 5. Безпека життєдіяльності.	8.12.23	
4	Висновки. Додатки	12.12.23	
5	1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А1; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А1.	1.12.23	
6	3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А2.	8.12.23	
7	5. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. $\varnothing 11 \pm 0,2$ та М8-6Н – 1 аркуш ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. $\varnothing 15_{+0,018}$ - 1 аркуш ф.А1.	12.12.23	
8	7. Складальний кресленик контрольного пристрою - 1 аркуш ф.А2;	14.12.23	
9	8. Кресленик інструменту - 1 аркуш ф.А2; 9. Дослідницький – 1 аркуш ф.А1;	16.12.23	
10	Висновки. Додатки.	17.12.23	

Студент _____ Дмитро КРАВЧУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Євген УРБАНЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема дипломної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК

Автор: Кравчук Д.М.

Керівник роботи: Урбанюк Є.А.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Обсяг пояснювальної записки 99 с. Графічна частина 8 арк. ф.А1. і 1 арк. ф.А2

Актуальність. Підвищення технологічного рівня і покращення якості машинобудівної продукції залежить від кваліфікації молодих фахівців освітнього рівня магістра, які здатні аналізувати існуючі технології виробництва і пропонувати їх удосконалення, в тому числі, застосуванням верстатів з ЧПК. Виконання дипломної роботи магістра є однією із складових підготовки таких фахівців.

Метою роботи є розроблення більш досконалого в порівнянні із базовим варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу КП.028.224.015 з використанням верстатів з ЧПК.

Предмет дослідження: Технологія виготовлення деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015».

Результати: В загальному розділі дипломної роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва: наведена загальна характеристика деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015» і проведена оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі виконаний аналіз базового технологічного процесу, проведене обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски і їх допуски на основні поверхні деталі, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі з використанням верстатів з ЧПК, в тому числі, розраховані і призначені режими різання на операціях, виконане технічне нормування.

В конструкторському розділі спроектовані два верстатні пристрої для двох свердлувальних операцій, контрольний пристрій, а також спеціальний інструмент - розвіртка.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості свердел, виготовлених із швидкорізальної сталі, які широко застосовуються у технологічному процесі виготовлення деталі, нанесенням покриттів із застосуванням комбінованого іонно-плазменного оброблення.

В розділі «Безпека життєдіяльності» розглянуті заходи пожежної безпеки на машинобудівному підприємстві, техніка безпеки при підніманні та зніманні деталей з верстатів, а також окремі питання виробничої естетики.

В додатках надані розроблені супровідні матеріали до розділів роботи.

Ключеві слова: механічне оброблення, технологія, верстат, інструмент, режими різання, пристрій, зміцнення, безпека життєдіяльності.

Abstract

Topic of the thesis: Improvement of the technological process of manufacturing the body of the intermediate KP.028.224.015 using CNC machines

Author: Kravchuk D.M.

Head of work: Urbanyuk E.A.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The volume of the explanatory note is 79 p. Graphic part of 8 sheets. f.A1. and 1 sheet. f.A2

Topicality. Increasing the technological level and improving the quality of machine-building products depends on the qualifications of young professionals with a master's degree who are able to analyze existing production technologies and propose their improvement, including the use of CNC machines. Completion of a master's thesis is one of the components of the training of such specialists.

The purpose of the work is to develop a more advanced, compared to the basic version of the technological process of mechanical processing of the KP.028.224.015 case using CNC machines.

Subject of the study: Manufacturing technology of the part "Intermediate housing KP.028.224.015".

Results: In the general section of the thesis, an analysis of the production object was performed: the general characteristics of the part "Intermediate housing KP.028.224.015" were given and an assessment of the manufacturability of its manufacture was carried out.

In the technological section, the analysis of the basic technological process was carried out, the justification of the method of obtaining the workpiece was carried out, the allowances and their tolerances on the main surfaces of the part were assigned, a new version of the technological process of processing the part with the use of CNC machines was developed, including the calculated and assigned cutting modes in operations, technical standardization has been completed.

In the design section, two machine tools for two drilling operations, a control device, and a special tool - a reamer are designed.

The research section examines the issue of increasing the wear resistance of drills made of high-speed steel, which are widely used in the technological process of manufacturing parts, by applying coatings using combined ion-plasma processing.

In the section "Safety of life" the measures of fire safety at the machine-building enterprise, safety techniques for lifting and removing parts from machines, as well as individual issues of production aesthetics are considered.

In the appendices, developed supporting materials for sections of the work are provided.

Keywords: machining, technology, machine, tool, cutting modes, device, strengthening, life safety.

Зміст

Вступ	9
1 Загальний розділ.....	11
1.1 Мета і основні завдання дипломної магістерської роботи.....	11
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	12
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	13
1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва.....	16
2 Технологічний розділ.....	17
2.1 Аналіз базового технологічного процесу.....	17
2.2 Вибір типу заготовки і техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	17
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі	19
2.5 Детальне розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі	28
2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення	31
2.7 Розрахунок та призначення режимів різання	37
2.8 Технічне нормування операцій.....	46
2.9 Розроблення керувальної програми: операція 035, вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2	49
3 Конструкторський розділ.....	54
3.1 Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічному обробленні	54
3.1.1 Проектування верстатного пристрою для оброблення отворів $\varnothing 11 \pm 0,2$ мм та отворів М8-6Н	54
3.1.2 Проектування верстатного пристрою для оброблення отвору $\varnothing 15H7$	61
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю	

відхилення від циліндричності основного отвору $\varnothing 240_{+0,015}^{+0,073}$	68
3.3 Проектування різального інструменту	72
4 Дослідницький розділ. Підвищення зносостійкості свердел, виготовлених із швидкорізальної сталі, нанесенням покриттів	75
5 Безпека життєдіяльності.....	82
5.1 Пожежна безпека на машинобудівній дільниці	82
5.2 Техніка безпеки при підніманні та зніманні деталей з верстатів	86
5.3 Виробнича естетика	90
Висновки.....	96
Література.....	98
Додатки	

Вступ

Машинобудування, яке забезпечує технікою і устаткуванням усі галузі народного господарства, визначає рівень технічного прогресу держави і впливає на стан матеріальної бази суспільства. У зв'язку із цим його розвитку завжди приділялося і приділяється важливе значення.

Подальший розвиток України буде визначатися підняттям рівня народного господарства. Це в особливій мірі відноситься до машинобудування – однієї з провідних галузей народного господарства країни. Тому темпи зростання машинобудування більші, ніж промисловості загалом.

В Україні машинобудування розвивається темпами, які випереджають інші галузі промисловості. Рішення уряду ставлять перед машинобудівниками все вимогливіші задачі. Для їх успішного виконання необхідно підвищувати кваліфікацію робітників галузі машинобудування, зокрема, технологію виробництва. Технологи машинобудівних підприємств покликані безперервно підвищувати ефективність виробництва шляхом вдосконалення існуючої технології виробництва, використанням прогресивних видів обладнання і технологічного оснащення. Доцільність рішень, що приймаються при цьому, має підтверджуватись техніко-економічними розрахунками.

Значні і серйозні задачі стоять перед машинобудуванням у найближчі роки. Серед них створення техніки для широкого впровадження високопродуктивних енерго- і металозберігаючих технологій у всіх галузях народного господарства, підвищення технологічного рівня і якості машинобудівної продукції, випуск машин і обладнання для виключення ручної – монотонної, важкої і шкідливої праці, покращення якості металообробного обладнання, в тому числі верстатів з ЧПК, автоматичних маніпуляторів з ЧПК, технологічного оснащення, засобів автоматизації тощо.

Успішне вирішення проблем машинобудування пов'язане з підготовкою виробництва, що містить у собі комплекс техніко-економічних, технологічних, організаційних та інших заходів. Складовими виробництва є розроблення і

впровадження оптимальних технологічних процесів виготовлення машин. Тому завданням вищої школи є випуск спеціалістів з глибокими знаннями і практичними навичками, необхідними для вірного вирішення складних задач з врахуванням конкретних виробничих умов і сучасних досягнень науки і техніки.

Основними завданнями виконання магістерської дипломної роботи [1] є систематизація, узагальнення і закріплення знань, отриманих під час навчання в університеті, підготовка фахівців до самостійного вирішення проблемних питань в умовах виробництва; розвиток умінь використовувати отримані знання для виконання конкретних виробничих завдань із розробки ефективних технологічних процесів виготовлення деталей, конструювання інструменту, оснащення та устаткування, а також вирішення питань з організації виробництва на підставі обґрунтування економічної доцільності запланованих заходів.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Мета і основні завдання дипломної магістерської роботи

При підготовці до виконання кваліфікаційної дипломної роботи магістра під час проходження переддипломної практики був підібраний матеріал для виконання дипломної роботи. Підібрані та проаналізовані кресленики деталі та заготовки, ознайомлено з конструкцією та принципом роботи верстатних та вимірювального пристроїв, вимірювального та різального інструментів, проаналізовано базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015». Ознайомилися також із організацією виробництва, техніко-економічними показниками виготовлення даної деталі.

Метою роботи є розроблення більш досконалого в порівнянні із базовим варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу КП.028.224.015 з використанням верстатів з ЧПК.

Завданнями магістерської дипломної роботи є [1]: розроблення більш досконалого варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу з використанням верстатів з ЧПК, автоматизованих і механізованих верстатних пристроїв, застосуванням більш досконалого різального інструменту з використанням твердих сплавів, що дасть можливість підвищення режимів різання, тим самим скоротити час на оброблення деталі на операціях механічного оброблення. Для цього потрібно провести літературний огляд джерел, що містять інформацію про прогресивні технології та конструкції оснащення, зношування інструменту тощо.

При виконанні усіх поставлених задач можна досягти зниження собівартості виготовлення корпусу, тобто, зниження собівартості самої деталі, в тому числі, зниження цехових витрат; підвищення заробітної плати основних і допоміжних робочих; зниження витрат на отримання заготовки, витрат на інструмент.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Корпус проміжний КП.028.224.015». (рис. 1.1) входить до складу вантажопідйомного механізму і призначена для кріплення до нього приводу і тримає кожух, який закриває механізм підйому.

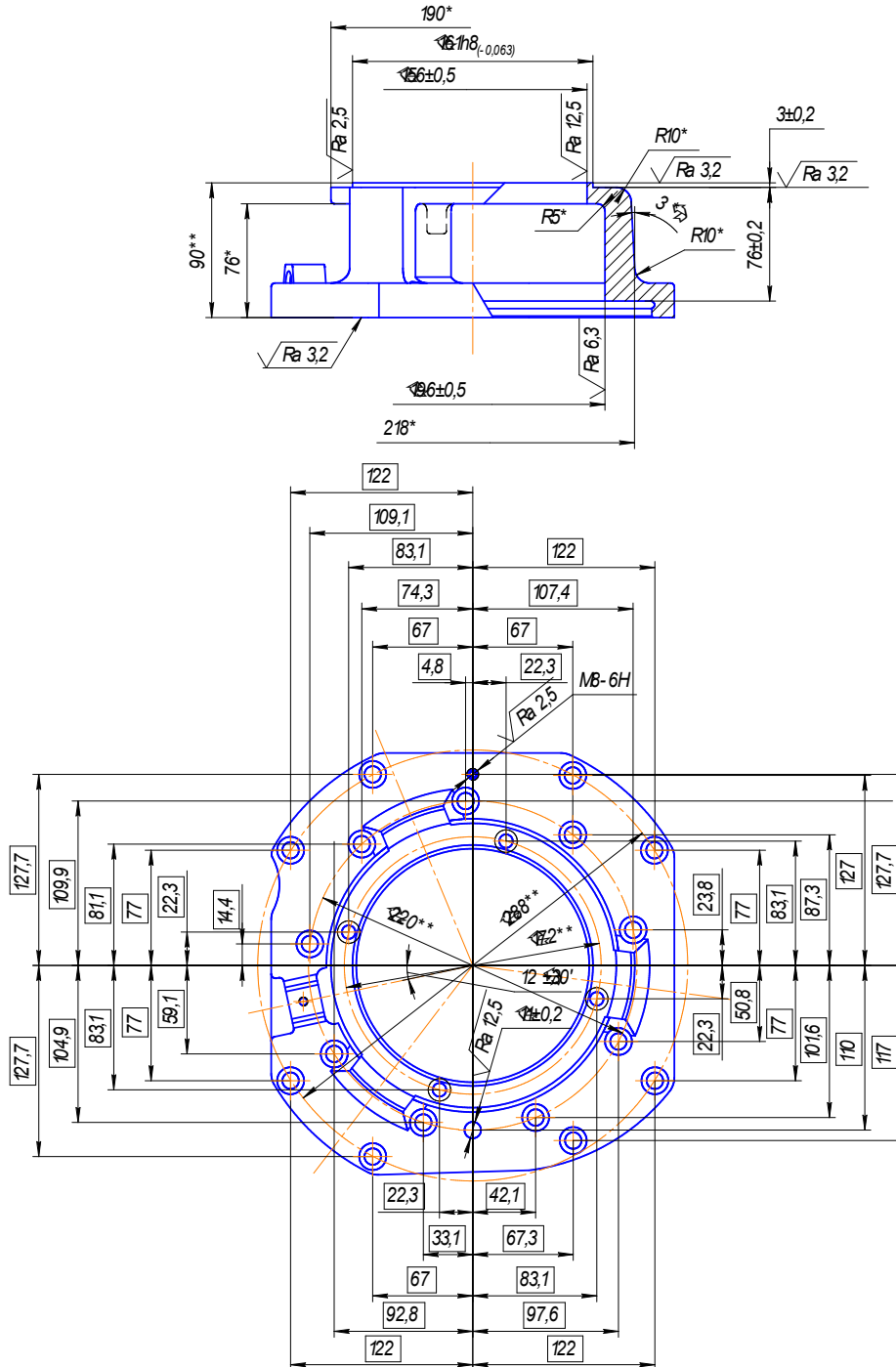


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно робочого креслення можна сказати про наявність усіх даних для виготовлення деталі, які вимагає ДСТУ Б А.2.4-22:2008 “Основні вимоги до робочих креслеників”.

Для виготовлення корпусу приводу використовуємо високоміцний чавун марки ВЧ 50-2 ДСТУ 3925-99, що обумовлює конструкцію та призначення деталі.

Так як до даної деталі не висувають ніяких особливих вимог щодо умов виготовлення виробу, то на поверхню Ø161 призначаємо допуск за 8 квалітетом, на отвір Ø15 - допуск за 7 квалітетом і шорсткість Ra2,5 мкм. Усі інші поверхні виготовляються за 12...14 квалітетами та шорсткістю Ra6,3 мкм.

Хімічний склад та фізико-механічні властивості чавуну марки ВЧ 50-2 ВЧ 50-2 ДСТУ 3925-99 наведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавун ВЧ 50-2 ДСТУ 3925-99

Марка чавуну	C, %	Mn, %	Si, %	Ni, %	Cr, %
ВЧ 50 - 2	3,2...3,9	0,30...0,75	1,8...2,9	<0,15	<0,15

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості чавуну марки ВЧ 50-2

Марка чавуну	Фізичні властивості			Механічні властивості			
	γ , г/см ³	λ , кал см×с×гр	$\alpha \cdot 10^6$ С ⁻¹	σ_{32} , Па	σ_6 , МПа	$a_1 \frac{H \cdot M}{cm^2}$	НВ
ВЧ 50 - 2	7,2...7,3	0,1...0,135	10...12	400	210	4...9	170...241

Проаналізувавши хімічний склад та фізико-механічні властивості чавуну ВЧ 50-2 ДСТУ 3925-99, можна зробити висновки, що обрана марка чавуну придатна для виготовлення даної деталі.

Перелік основних елементів корпусу занесений до таблиці 1.3.

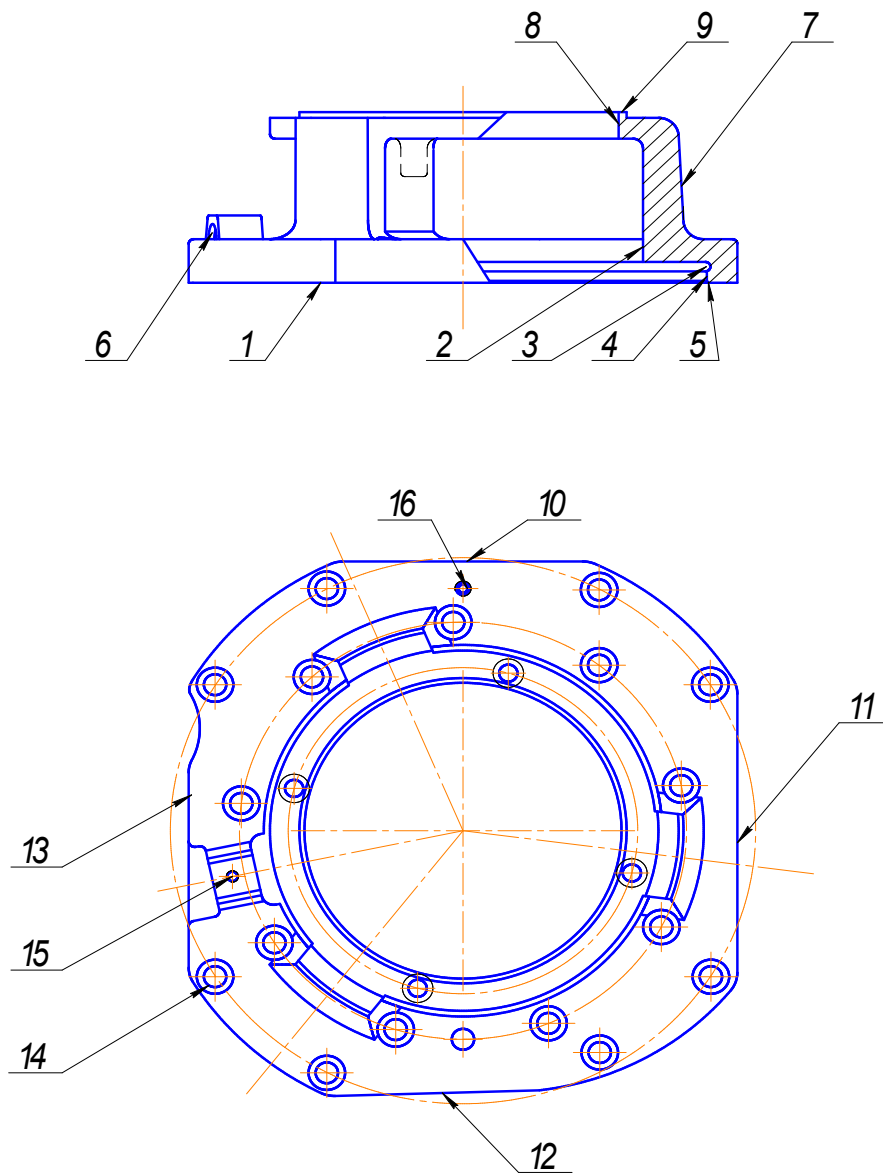


Рисунок 1.1 – Позначення основних поверхонь деталі

Таблиця 1.3 – Перелік і характеристика основних поверхонь деталі

№ поз.	Назва елемента	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм	Призначення поверхні
1	Торець (1,7)	IT14/2	3,2	Конструкт. елемент
2	Отвір (2)	H12	3,2	Конструкт. елемент
3	Отвір (3,4)	H12	3,2	Конструкт. елемент
4	Отвір (8,9)	H7	2,5	Конструкт. елемент
6	Зовнішня поверхня (6)	h14	12,5	Конструкт. елемент
7	Отвори (11,13,15)	H14	6,3	Конструкт. елемент
8	Різьбові отвори (16,18)	6H	3,2	Конструкт. елемент

Для оцінки технологічності конструкції деталі проведемо її якісний та кількісний аналіз.

Якісний аналіз.

Дана деталь відноситься до типу корпусних, вона, в основному, утворена плоскими поверхнями та поверхнями циліндричної форми. Загалом деталь є простою і не вимагає використання складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

Кількісний аналіз.

Для проведення кількісного аналізу необхідно визначити коефіцієнти точності та шорсткості деталі.

Визначаємо коефіцієнт точності оброблення за формулою [2]:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}}, \quad (1.1)$$

де $A_{\text{сер}}$ – середня точність оброблення, яка визначається за формулою [2]:

$$A_{\text{сер}} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}) : \sum_1^{19} n_i, \quad (1.2)$$

де n_i – число поверхонь деталі відповідно 1...19 квалітету точності.

$$A_{\text{сер}} = (6 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 47) : 57 = 12,63,$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,63} = 0,92.$$

Визначимо коефіцієнт шорсткості деталі [2]:

$$K_u = \frac{1}{B_{\text{сер}}}, \quad (1.3)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середня шорсткість поверхонь деталі в параметрі Ra, визначається за формулою

$$B_{\text{сер}} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}) : \sum_1^{14} n_i, \quad (1.4)$$

де n_i – кількість поверхонь, які мають шорсткість відповідну даному числовому параметру шорсткості.

$$B_{\text{сер}} = (2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 18 + 6,3 \cdot 36 + 12,5 \cdot 1) : 57 = 5,29.$$

$$K_u = \frac{1}{5,29} = 0,19.$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою

$$K_{в.м} = \frac{m_{\partial}}{m_3}, \quad (1.5)$$

де m_{∂} - маса деталі, $m_{\partial} = 6,8$ кг;

m_3 - маса заготовки, $m_3 = 7,9$ кг;

$$K_{в.м} = \frac{6,8}{7,9} = 0,86.$$

Виходячи з отриманих коефіцієнтів можна зробити висновок, що за отриманими даним деталь в виготовленні технологічна.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва згідно ДСТУ характеризується коефіцієнтом закріплення операцій за робочими місцями чи одиницею обладнання. Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою [2]

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P_M}, \quad (1.6)$$

де Q – число різноманітних операцій;

P_M - число робочих місць, на яких виконуються дані операції.

Так як технологічний процес розробляється заново, то тип виробництва і форму організації робіт можна визначити попередньо, враховуючи річну програму випуску деталей $N=10\ 000$ шт. та її масу $m_{\partial} = 6,8$ кг згідно рекомендації [3], приймаємо, що тип виробництва середньо-серійний, при якому використовується групова форма організації робіт.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Існуючий (базовий) технологічний процес механічного оброблення корпусу розроблений з урахуванням обладнання, яке використовується на базовому підприємстві. В нашому випадку це універсальні токарні та свердлувальні верстати. Використовуються також універсальні пристрої, стандартний різальний та універсальний вимірювальний інструмент. Як заготовки використовуються литво в земляні форми звичайної точності, тому велика кількість металу відходить у стружку. Всі ці фактори впливають на достатньо високу собівартість виготовлення деталі. Тому, у зв'язку з наведеним вище, потрібно розробити новий варіант більш досконалого технологічного процесу.

2.2 Вибір типу заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів отримання заготовки

Оптимальний метод отримання заготовки вибирається на підставі техніко-економічних розрахунків собівартості заготовки. Порівняємо два методи отримання заготовки: перший метод – виготовлення заготовки литвом за моделями, що випалюються; другий метод – литво за моделями, що виплавляються.

Витрати на заготовку визначаються за формулою [4]:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{S_{\text{баз}}}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_\delta \cdot K_\sigma \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{від}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де $S_{\text{баз}}$ - базова вартість 1т заготовок.

За даними підприємства ТОВ „Європа Експорт Плюс” маємо:

вартість 1т заготовок отриманих литвом за моделями, що випалюються, становить 26400 грн.;

вартість 1т заготовок отриманих литвом за моделями, що виплавляються, становить 39600 грн.

Вартість 1т відходів чавуну становить 7000 грн.

$K_T, K_A, K_{\bar{A}}, K_M, K_I$ - коефіцієнти, що враховують точність, групу складності, масу, марку матеріалу, обсяг виробництва заготовок відповідно.

За даними [4] у випадку литва за моделями, що випалюються, значення коефіцієнтів $K_T = 1,1$; $K_D = 1,0$; $K_B = 0,74$; $K_M = 1,04$; $K_{II} = 0,76$; у випадку литва за моделями, що виплавляються, - $K_T = 1,0$; $K_B = 0,74$; $K_{II} = 0,76$;

$K_D = 1,0$; $K_M = 1,04$.

Q - маса заготовки, Q = 7,9кг;

q - маса деталі, q = 6,8кг;

$$S_{1заг} = \left(\frac{26400}{1000} \cdot 7,9 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,74 \cdot 1,04 \cdot 0,76 \right) - (7,9 - 6,8) \cdot \frac{7000}{1000} = 120,88 \text{ грн.}$$

$$S_{2заг} = \left(\frac{39600}{1000} \cdot 7,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,74 \cdot 1,04 \cdot 0,76 \right) - (7,9 - 6,8) \cdot \frac{7000}{1000} = 169,68 \text{ грн.}$$

Остаточний вибір методу отримання заготовки можна отримати лише після розрахунку технологічної собівартості операцій механічного оброблення деталі, так як технологічний процес її оброблення дещо змінюється.

2.2.2 Вибір припусків та допусків на розміри заготовки

Для встановлення попередніх розмірів заготовки, отриманої литвом, призначимо припуски на поверхні, що обробляються, за даними [4]:

припуск на оброблення $\text{Ø}161h8$ $2Z = 2 \cdot 2,1$ мм;

припуск на оброблення $\text{Ø}196H14$ $2Z = 2 \cdot 2,4$ мм;

припуск на оброблення $\text{Ø}240H8$ $2Z = 2 \cdot 2,6$ мм;

припуск на оброблення торця в розмір 90 $2Z = 2 \cdot 2,0$ мм.

Попередньо визначаємо розміри виливки:

$$D_{161} = 161 + 2 \cdot 2,1 = 165,2 \text{ мм}; \quad D_{196} = 196 - 2 \cdot 2,4 = 191,2 \text{ мм};$$

$$D_{240} = 240 - 2 \cdot 2,6 = 234,8 \text{ мм}; \quad H_{90} = 90 + 2 \cdot 2,0 = 94 \text{ мм};$$

Допуски на вказані вище розміри призначаємо згідно [4]:

$$D_{161} = 165,2 \pm 0,8 \text{ мм}; \quad D_{196} = 191,2 \pm 0,925 \text{ мм};$$

$$D_{240} = 234,8 \pm 0,925 \text{ мм}; \quad H_{90} = 94 \pm 0,7 \text{ мм};$$

2.3 Вибір технологічних баз

На першій і другій операціях технологічного процесу заготовка встановлюється в трикулачковому самоцентрувальному патроні по зовнішній чорновій поверхні 10 (див. рисунок 1.1), яка буде чорною технологічною базою.

На усіх інших операціях заготовка встановлюється в спеціальному пристрої на оброблений торець 1 (рисунок 1.1), який буде чистою технологічною базою.

2.4 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі

Для вибору варіанту технологічного маршруту складемо два варіанти технологічного маршруту оброблення деталі.

Перший варіант	Другий варіант
Литво за моделями, що випаляються	Литво за моделями, що виплавляються
005 Заготівельна	005 Заготівельна
010 Слюсарна	010 Очисна
015 Фарбувальна	015 ТермоОброблення
020 Токарна автоматна	020 Токарна автоматна
025 Токарно-гвинторізна	025 Токарно-гвинторізна
030 Токарно-гвинторізна	030 Токарно-гвинторізна
035 Слюсарна	035 Вертикально-свердлувальна ЧПК

040 Радіально-свердлувальна	040 Вертикально-свердлувальна ЧПК
045 Вертикально-свердлувальна	045 Вертикально-свердлувальна ЧПК
050 Вертикально-свердлувальна	050 Фарбувальна
055 Вертикально-свердлувальна	055 Контрольна
060 Вертикально-свердлувальна	
065 Вертикально-свердлувальна	
070 Вертикально-свердлувальна	
075 Вертикально-свердлувальна	
080 Різьбонарізна	
085 Слюсарна	
090 Слюсарна	
095 Слюсарна	
100 Фарбувальна	
105 Контрольна	

Критерієм оптимального вибору варіантів технологічного маршруту оброблення є мінімум приведених на одиницю продукції витрат.

Перевіряємо два варіанти оброблення: за першим варіантом свердлування отворів виконується на радіально-свердлувальному верстаті мод. 2Д554, цекування і свердлування отворів під різьбу проводиться на вертикально-свердлувальному верстаті мод. 2Н135 за сім операцій, нарізання різьби виконується на окремому різьбонарізному верстаті мод. 2056.

За другим варіантом оброблення отворів, цекування і нарізання різьб планується проводити на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2Р135Ф2 за один установ.

Годинні приведені витрати розрахуємо за формулою [3]:

$$C_{пз} = C_з + C_{чз} + E_n \cdot (K_c + K_з), \quad (2.2)$$

де C_3 – основна та додаткова заробітна плата;
 $C_{чз}$ - годинні витрати на експлуатацію робочого місця;
 E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_n=0,15$, [3];

K_c та K_3 - питомі годинні капітальні вкладення відповідно в верстати та в будівлю.

Основна та додаткова заробітна плата визначається за формулою:

$$C_3 = \xi \cdot C_{мф} \cdot K \cdot y, \quad (2.3)$$

де ξ - коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату, $\xi = 1,53$, [3];
 K - коефіцієнт, який враховує заробітну плату наладжувача, $K = 1,0$, [3];
 $C_{мф}$ - годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду;
 y - коефіцієнт, який враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $y=1,0$, [4].

Годинні витрати на експлуатацію робочого місця визначимо як

$$C_{чз} = C_{чз}^{бн} \cdot K_m, \quad (2.4)$$

де $C_{чз}^{бн}$ - практичні годинні витрати на базовому робочому місці,
 $C_{чз}^{бн} = 44,2 \text{ грн}$. [За даними підприємства ТОВ „Європа Експорт Плюс”];

K_m - коефіцієнт, який показує, у скільки разів витрати, що пов'язані із роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати у базового верстата.

Питомі годинні витрати в верстат визначаємо за формулою

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (2.5)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_d = 2078$ год., [3];

η_3 – коефіцієнт завантаження верстата;

Ц – балансова вартість верстата

$$Ц = 1,1 \cdot C, \quad (2.6)$$

тут С – ціна верстата.

Питомі годинні використання в будівлю визначаємо за формулою:

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де F – виробнича площа яку займає верстат визначаємо за формулою:

$$F = f \cdot k_f, \quad (2.8)$$

де f - площа верстата в плані;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу, [3].

Перший варіант: Операція 040, верстат мод. 2Д554: С=618000грн; Ц=679800 грн.; $C_{Т.Ф.}=7,44$ грн; $K_M= 0,9$; $F_d=2078$ год; $\eta_3=0,85$; $f = 2,67 \times 2,0 = 5,34 \text{ м}^2$; $k_f=3,5$; $F=5,34 \times 3,5=18,69 \text{ м}^2$; $T_{шт}=13,8$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{679800}{2078 \cdot 0,85} = 348,87 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{18,69 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 8,29 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (348,87 + 8,29) = 68,93 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{68,93 \cdot 13,8}{60 \cdot 1,3} = 12,19 \text{ грн.}$$

Операція 045, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.; $C_{ТФ} = 7,44$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_d = 2078$ год.; $\eta_3 = 0,85$; $f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$; $F = 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 6,78$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 6,78}{60 \cdot 1,3} = 4,4 \text{ грн.}$$

Операція 050, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.;
 $C_{ТФ} = 7,44$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_D = 2078$ год.; $\eta_3 = 0,85$; $f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$; F
 $= 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 3,17$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 3,17}{60 \cdot 1,3} = 2,06 \text{ грн.}$$

Операція 055, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.;
 $C_{ТФ} = 7,44$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_D = 2078$ год.; $\eta_3 = 0,85$; $f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$; F
 $= 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 6,17$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 6,17}{60 \cdot 1,3} = 4,01 \text{ грн.}$$

Операція 060, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.;

$$C_{\text{ТФ}} = 7,44 \text{ грн.}; K_{\text{М}} = 0,7; F_{\text{Д}} = 2078 \text{ год.}; \eta_s = 0,85; f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2; k_f = 4,0; F = 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2; T_{\text{шт}} = 1,12 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{чз}} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{нз}} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 1,12}{60 \cdot 1,3} = 0,73 \text{ грн.}$$

Операція 065, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.;

$$C_{\text{ТФ}} = 7,44 \text{ грн.}; K_{\text{М}} = 0,7; F_{\text{Д}} = 2078 \text{ год.}; \eta_s = 0,85; f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2; k_f = 4,0; F = 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2; T_{\text{шт}} = 1,28 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{чз}} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{нз}} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 1,28}{60 \cdot 1,3} = 0,832 \text{ грн.}$$

Операція 070, верстат мод. 2Н135: С = 375000 грн.; Ц = 412500 грн.;

$$C_{\text{ТФ}} = 7,44 \text{ грн.}; K_{\text{М}} = 0,7; F_{\text{Д}} = 2078 \text{ год.}; \eta_s = 0,85; f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2; k_f = 4,0; F = 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2; T_{\text{шт}} = 2,26 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{чз}} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 2,26}{60 \cdot 1,3} = 1,47 \text{ грн.}$$

Операція 075, верстат мод. 2Н135: $C = 375000$ грн.; $\Pi = 412500$ грн.;
 $C_{ТФ} = 7,44$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_D = 2078$ год.; $\eta_s = 0,85$; $f = 1,085 \times 0,92 = 1,17 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$; F
 $= 1,17 \cdot 4,0 = 4,68 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 3,28$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{412500}{2078 \cdot 0,85} = 233,54 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{4,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 2,08 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (233,54 + 2,08) = 50,7 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{50,7 \cdot 3,28}{60 \cdot 1,3} = 2,13 \text{ грн.}$$

Операція 080, верстат мод. 2056: $C = 75000$ грн.; $\Pi = 82500$ грн.;
 $C_{ТФ} = 7,44$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_D = 2078$ год.; $\eta_s = 0,85$; $f = 0,85 \times 0,59 = 0,5 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$;
 $F = 0,5 \cdot 4,0 = 2,0 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 8,27$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{82500}{2078 \cdot 0,85} = 46,7 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{2,0 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 0,88 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (46,7 + 0,88) = 22,49 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{22,49 \cdot 8,27}{60 \cdot 1,3} = 2,38 \text{ грн.}$$

Другий варіант: операція 035, верстат мод. 2P135Ф2: $C=975000$ грн.;
 $\Pi=1072500$ грн.; $C_{Т.Ф.}= 7,44$ грн.; $K_M = 1,21$; $F_d = 2078$ год.; $\dot{\eta}_3 = 0,85$; $f = 1,86 \times 2,17$
 $= 4,03 \text{ м}^2$; $k_f = 3,5$; $F = 4,03 \times 3,5 = 14,12 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 10,84$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{1072500}{2078 \cdot 0,85} = 607,2 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{14,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 6,52 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (607,2 + 6,52) = 107,42 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{107,42 \cdot 10,84}{60 \cdot 1,3} = 14,92 \text{ грн.}$$

Другий варіант: операція 040, верстат мод. 2P135Ф2: $C=975000$ грн.;
 $\Pi=1072500$ грн.; $C_{Т.Ф.}= 7,44$ грн.; $K_M = 1,21$; $F_d = 2078$ год.; $\dot{\eta}_3 = 0,85$; $f = 1,86 \times 2,17$
 $= 4,03 \text{ м}^2$; $k_f = 3,5$; $F = 4,03 \times 3,5 = 14,12 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 3,67$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{1072500}{2078 \cdot 0,85} = 607,2 \text{ грн.};$$

$$K_3 = \frac{14,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 6,52 \text{ грн.};$$

$$C_{нз} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (607,2 + 6,52) = 107,42 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{107,42 \cdot 3,67}{60 \cdot 1,3} = 5,05 \text{ грн.}$$

Другий варіант: операція 045, верстат мод. 2P135Ф2: $C=975000$ грн.;
 $\Pi=1072500$ грн.; $C_{Т.Ф.}= 7,44$ грн.; $K_M = 1,21$; $F_d = 2078$ год.; $\dot{\eta}_3 = 0,85$;
 $f = 1,86 \times 2,17 = 4,03 \text{ м}^2$; $k_f = 3,5$; $F = 4,03 \times 3,5 = 14,12 \text{ м}^2$; $T_{шт} = 5,82$ хв.

$$C_3 = 7,44 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 11,38 \text{ грн.};$$

$$C_{чз} = 4,42 \cdot 0,9 = 3,98 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{1072500}{2078 \cdot 0,85} = 607,2 \text{ грн.};$$

$$K_z = \frac{14,68 \cdot 784}{2078 \cdot 0,85} = 6,52 \text{ грн.};$$

$$C_{nz} = 11,38 + 3,98 + 0,15 \cdot (607,2 + 6,52) = 107,42 \text{ грн.};$$

$$C_0 = \frac{107,42 \cdot 5,82}{60 \cdot 1,3} = 8,02 \text{ грн.}$$

Отримані розрахунки з урахуванням вартості отримання заготовки зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння варіантів технологічного маршруту

Послідовність оброблення, № операцій	Варіант 1. Литво за моделями, що виплавляються		Варіант 2. Литво за моделями, що випалюються	
	Операції	Технологічна собівартість, грн.	Операції	Технологічна собівартість, грн.
Отримання заготовок	Литво за моделями, що виплавляються	169,68	Литво за моделями, що випалюються	120,88
Операція 1	Свердлування 17-ти отворів на верстаті мод. 2Д554	12,19	Свердлування, цекування, нарізання різьби в отворах на верстаті мод. 2Р135Ф2	14,92
Операція 2	Цекування 17-ти отворів на верстаті мод. 2Н135	4,4	Свердлування і цекування 4-х отворів на верстаті мод. 2Р135Ф2	5,05
Операція 3	Притуплення кромки в отворах на верстаті мод. 2Н135	2,06	Свердлування, розвірчування і цекування отвору на верстаті мод. 2Р135Ф2	8,02
Операція 4	Свердлування 4-х отворів на верстаті мод. 2Н135	4,01		

Операція 5	Цекування 4-х отворів на верстаті мод. 2Н135	0,73		
Операція 6	Свердлування отвір Ø14,8 мм, верстат мод. 2Н135	0,832		
Операція 7	Цекування отвору Ø16 мм, верстат мод. 2Н135	1,47		
Операція 8	Свердлування отворів під різьбу, верстат мод.2Н135	1,47		
Операція 9	Нарізання різи в отворах, верстат мод.2056	2,38		
Технологічна собівартість оброблення за варіантами		197,75		148,87

Річний економічний ефект при виборі варіанта технологічного маршруту оброблення деталі визначається за формулою:

$$E_p = (C_o'' - C_o') \cdot N, \quad (2.9)$$

$$\text{Отже, } E_p = (197,75 - 148,87) \cdot 10000 = 488800 \text{ грн.}$$

Як бачимо з проведених розрахунків другий варіант технологічного процесу більш вигідний для виготовлення деталі. Його і приймаємо для подальшого розроблення.

2.5 Розроблення технологічних операцій процесу оброблення деталі

Оброблення торців корпусу 1 та 7 (див. рисунок 1.1) здійснюється на токарній операції. Це забезпечує можливість отримання вимоги щодо паралельності торців і перпендикулярності їх осей осі центрального отвору.

Оброблення внутрішніх поверхонь здійснюється на токарному верстаті. Оброблення отворів проводиться на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК. План оброблення окремих поверхонь наводимо в таблиці 2.2 із прив'язуванням до рисунка 1.1.

Таблиця 2.2 – План оброблення окремих поверхонь деталі

№ поверхні	Квалітет точності	Шорсткість, Ra в мкм	План оброблення поверхні
1,7	±IT14/2	3,2	Підрізання однократне
2	H12	6,3	Розточування однократне
3	H14	3,2	Розточування однократне
8	h8	2,5	Точіння чорнове, чистове і тонке
9	H7	2,5	Свердлування, розвірчування однократне
11,13,15	H14	12,5	Свердлування, цекування однократне
16,18	6H	3,2	Свердлування, нарізання різі

Розроблення операцій механічного оброблення зведемо в таблицю 2.3 із вказуванням змісту операцій і переходів, а також верстатного обладнання, пристроїв, різального та вимірювального інструменту, що використовується.

Таблиця 2.3 – Розроблення технологічних операцій механічного оброблення

Номер і назва операції та переходу	Обладнання	Пристрій	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4	5
005 Заготівельна				
010 Очисна				
015 Термооброблення				

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
025 Токарна автоматна 1. Підрізати торець 1 2. Розточити отвір 2 3. Розточити отвір 4 4. Підрізати торець в отворі 4	Токарний вертикальний 8-ми шпиндельний автомат мод.1K282	Патрон трикулачковий	Різець підрізний BK8 Різець розточувальний BK8	Штангенциркуль
025 Токарно-гвинторізна 1. Розточити отвір 4 начисто. 2. Проточити канавку 3. Розточити отвір 4 тонко.	Токарно-гвинторізний 16K20	Патрон трикулачковий	Різець підрізний BK8 Різець розточувальний BK8	Штангенциркуль
030 Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець 2. Точити поверхню однократно. 3. Точити поверхню Тонко	Токарно-гвинторізний 16K20	Патрон трикулачковий	Різець підрізний BK8	Штангенциркуль
035 Свердлувальна з ЧПК 1. Свердлувати отвори 13,15. 2. Свердлувати отвір 16. 3. Свердлувати отвір 18. 4. Цекувати 17 отворів 15. 5. Нарізати різь в отворі 16. 6. Нарізати різь в отворі 18.	Свердлувальний з ЧПК 2P135Ф2	Пристрій свердлувальний	Свердло P6M5 Свердло P6M5 Цековка BK8 Мітчик P6M5	Калібр-пробка Штангенциркуль Калібр-пробка різева

040 Свердлувальна з ЧПК 1.Свердлити 4 отвори 11. 2.Цекувати 4 отвори 11.	Свердлувальний з ЧПК 2P135Ф2	Пристрій свердлувальний	Свердло Р6М5 Цековка ВК8	Калібр-пробка
045 Свердлувальна з ЧПК 1.Свердлувати отвір 9 2.Розвернути отвір 9 3.Цекувати отвір Ø16 4.Цекувати отвір Ø20	Свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	Пристрій свердлувальний	Свердло Р6М5 Цековка ВК8	Штангенциркуль

2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення $\text{Ø}161h8_{(-0,063)}$

Заготовка – литво за моделями, що випаляються; базування заготовки при обробленні отвору $\text{Ø}161h8_{(-0,063)}$ - по поверхнях 10,12,14,17 (рис. 1.1); кріплення заготовки в трикулачковому патроні.

Мінімальний розрахунковий припуск визначаємо за формулою [2]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^2 + \varepsilon_{\gamma i}^2}), \quad (2.10)$$

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, отриманих на попередній операції;

$\varepsilon_{\gamma i}$ - похибка установки на операції, що виконується.

Вихідні дані для розрахунку припусків вибираємо за [2] і записуємо в таблицю 2.4.

Геометрична сума просторових відхилень визначається за формулою[^]

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{зм}}^2}, \quad (2.11)$$

де $\Delta_{кор}$ – величина короблення поверхні заготовки;

$\Delta_{зм}$ – похибка зміщення, $\Delta_{зм}=150$ мкм.

Величина короблення поверхні заготовки визначиться за формулою:

$$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L, \quad (2.12)$$

де Δ_k – питома величина короблення поверхні заготовки, $\Delta_k= 1,0$ мкм/мм [2];

L – довжина обробляємо поверхні, $L= 3$ мм.

$$\Delta_{кор} = 1,0 \cdot 3 = 3,0 \text{ мкм.}$$

Тоді $\Delta = \sqrt{3^2 + 150^2} = 150$ мкм.

Остаточна величина просторових відхилень після виконання переходів механічного оброблення визначається за формулою:

$$\Delta_{ост} = K_y \cdot \Delta, \quad (2.13)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення.

Після чорнового оброблення $K_y = 0,06$; після чистової $K_y = 0,04$, [4].

$$\Delta'_{ост} = 0,06 \cdot 150 = 9 \text{ мкм.}$$

$$\Delta''_{ост} = 0,04 \cdot 9 = 0,36 \text{ мкм.}$$

Остаточна величина короблення при чистовому точінні настільки мала, що нею можна знехтувати. Отримані дані заносимо в таблицю 2.4.

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.14)$$

де ε_δ – похибка базування;

ε_3 – похибка, яка виникає від сил закріплення.

В даному випадку, при базуванні в трикулачковому патроні, похибка базування ε_δ дорівнює геометричній сумі похибок в радіальному і осьовому напрямках. Похибка закріплення дорівнює нулю $\varepsilon_3 = 0$, так як використовується механізований затискний пристрій і сили затиску будуть практично постійними. Тому, похибка установки дорівнює похибці базування

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\bar{\sigma}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2},$$

де $\varepsilon_{\text{рад}}=400$ мкм;

$\varepsilon_{\text{ос}}=120$ мкм, [2].

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\bar{\sigma}} = \sqrt{400^2 + 120^2} = 418 \text{ мкм}$$

На подальших операціях механічного оброблення поверхні похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon'_y = 0,05\varepsilon_y + \varepsilon_{\text{інд}},$$

$$\varepsilon'_y = 0,05 \cdot 418 + 50 = 71 \text{ мкм},$$

Призначаємо допуски на кожну операцію за [2] і записуємо в таблицю 2.4.

Визначимо величину припусків на:

точіння попереднє

$$2Z_{\text{min}} = 2(32 + 170 + \sqrt{150^2 + 418^2}) = 2 \cdot 646 \text{ мкм};$$

точіння тонке

$$2Z_{\text{min}} = 2(15 + 20 + \sqrt{9^2 + 71^2}) = 2 \cdot 107$$

Отримані дані заносимо в таблицю 2.4.

Визначимо загальні припуски на оброблення за формулою

$$2Z_{\text{max}3} = \sum 2Z_{\text{max}}, \quad (2.15)$$

$$2Z_{\text{min}3} = \sum 2Z_{\text{min}}. \quad (2.16)$$

$$2Z_{\text{max}3} = 1,49 + 0,31 = 1,8 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{min}3} = 1,25 + 0,213 = 1,463 \text{ мм}.$$

Проведемо перевірку визначення числових значень припусків за формулою

$$2Z_{\text{max}3} - 2Z_{\text{min}3} = IT_3 - IT_{\bar{a}}, \quad (2.17)$$

$$1,8 - 1,463 = 0,4 - 0,063,$$

$$0,337 = 0,337.$$

Отже, значення припусків визначені вірно.

Визначимо розмір заготовки,

$$D_{\text{см}} = 162_{+0,4}^{+0,8} \text{ мм}.$$

Визначимо номінальний припуск за формулою

$$2Z_{\text{ном}} = 2Z_{\text{оном}} - EId_3 - EId_d, \quad (2.18)$$

де EId_3, EId_d - нижні відхилення відповідно заготовки і деталі, $EId_3 = 0,4$ мм;
 $EId_d = 0,063$ мм.

$$2Z_{\text{ном}} = 1,463 - 0,4 - 0,063 = 1,0 \text{ мм.}$$

Визначимо номінальний розмір заготовки за формулою

$$d_{\text{ном}} = d_{\text{дном}} + 2Z_{\text{ном}}, \quad (2.19)$$

де $d_{\text{дном}}$ - номінальний діаметр деталі, $d_{\text{дн}} = 161,0$ мм.

$$d_{\text{ном}} = 161,0 + 1,0 = 162,0 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок припусків при обробленні $\text{Ø}161\text{h}8_{(-0,063)}$

Найменування операції, переходу	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип., $2Z_{\text{мин}}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Гран. знач. припусків, мм	
	Rz _{i-1}	h _{i-1}	Δ _Σ	ε _y				min	max	Z _{min}	Z _{max}
Заготовка	32	170	150	-	-	162,443	400	162,4	62,8	-	-
Точити попередньо	15	20	9	418	$\frac{2 \cdot 646}{1292}$	161,151	160	161,15	61,31	1,25	1,49
Точити тонко	2,5	-	-	71	$\frac{2 \cdot 107}{214}$	160,937	63	160,937	61,0	0,213	0,31

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

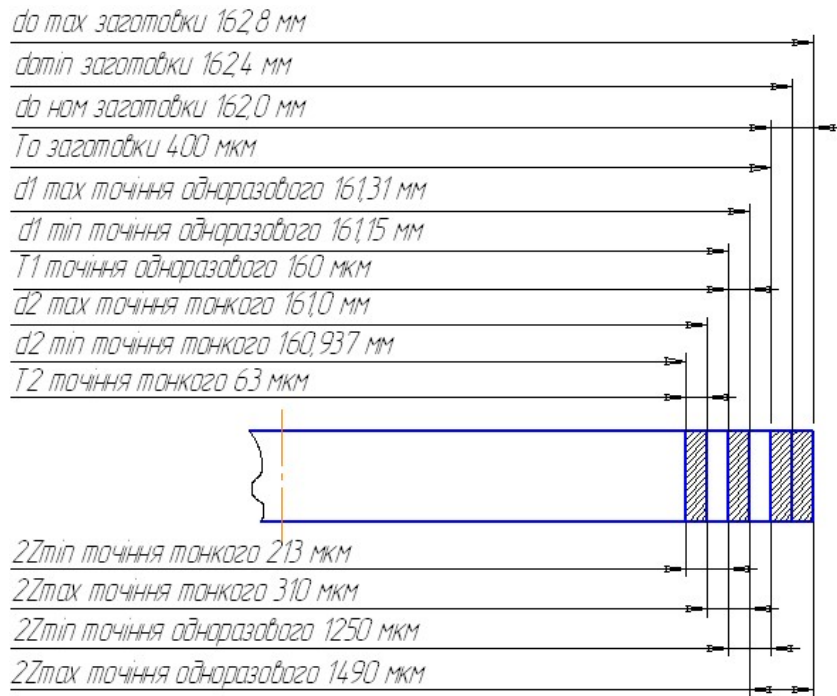


Рисунок 2.1 – Схема розташування полів припусків та допусків при обробленні $\varnothing 161h8(-0,063)$

2.6.2 Розрахунок припусків на ЕОМ

Вихідні дані:

Виконавчий розмір:

номінальне значення, мм 196.0000
 верхнє відхилення, мм 0.5000
 нижнє відхилення, мм -0.5000

Тип оброблюваної поверхні:

внутрішня циліндрична поверхня

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку:

Елементи припуску					Розр. прип.	Розр. розм.	Допуск IT,	Гран.розм., мм		Гран.прип., мм	
Rz	T	R	E	2*Zmin	мм	мкм	Dmin	Dmax	2Zmin	2Zmax	
200	300	500			193.8420	2900	190.9420	193.8420			
50	50	-	418	2 1152	196.1460	1300	194.8460	196.1460	2304	3904	
20	-	30	71	2 177	196.5000	1000	195.5000	196.5000	354	654	
Всього:									2658	4558	

Роботу виконав студент Кравчук Д.М.

Вихідні дані:

Виконавчий розмір:

номінальне значення, мм 23.0000
 верхнє відхилення, мм 0.2000
 нижнє відхилення, мм -0.2000

Тип оброблюваної поверхні:

послідовне оброблення площин

Таблиця 2.6 - Результати рохрахунку:

Елементи припуску				Розр. прип.	Розр. розм.	Допуск. IT,	Гран. розм. мм		Гран. прип. мм	
Rz	T	R	E	Zmin	мм	мкм	Bmin	Bmax	Zmin	Zmax
200	300	523			24.1460	1300	24.1460	25.4460		
50	50	31	418	1169	22.9770	520	22.9770	23.4970	1169	1949
20	20		71	177	22.8000	400	22.8000	23.2000	177	297

Всього: 1346 2246

Роботу виконав студент Кравчук Д.М.

2.6.3 Визначення припусків табличним методом на всі інші поверхні

Припуски на інші поверхні визначаємо за [3] і зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір припусків за таблицями

Тип поверхні	Розмір	Припуски		Допуск
		Табличний	розрахунковий	
Отвір	Ø161h8	2·2,3	2·1,8	±0,7
	Ø196H14	2·2,3	2·2,2	±0,7
	Ø240H14	2·3,1	2·2,6	±0,8
Торцева	$23 \pm \frac{IT14}{2}$	1,3	1,1	±0,5
	$90 \pm \frac{IT14}{2}$	0,7	0,7	±0,5

2.7 Розрахунок та призначення режимів різання

2.7.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

2.7.1.1 Розрахунок режимів різання при розточуванні отвору $\varnothing 196 \pm 0,5$ мм.

Операція 020 токарна автоматна, перехід 2, розточування отвіру $\varnothing 196 \pm 0,5$ однократне.

Матеріал заготовки – чавун ВЧ50 з НВ...200МПа; верстат – токарний вертикальний автомат 1К282.

Виберемо тип різального інструменту та його конструктивні і геометричні параметри. Приймаємо токарний розточувальний різець із розмірами державки $B \times H = 16 \times 16$ мм, матеріал різальної частини – твердий сплав ВК8; матеріал державки – сталь 50; виліт різця $L = 60$ мм.

Геометричні параметри різця наступні: форма передньої поверхні – радіусна з фаскою П6; розміри лунки $B = 2 \dots 2,5$ мм, $R = 4 \dots 6$ мм, глибина лунки $0,1 \dots 0,15$ мм; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$, $r = 1$ мм, [5].

Призначимо режими різання.

Глибина різання визначається за формулою:

$$t = \frac{2Z_{\max}}{2}, \quad (2.20)$$

$$t = \frac{4,4}{2} = 2,2 \text{ мм.}$$

Призначимо подачу: $s_0 = 0,2 \dots 0,3$ мм/об, [5].

Приймаємо подачу $s_0 = 0,2$ мм/об.

Приймаємо період стійкості різця $T = 60$ хв., [5].

Визначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями різця за формулою [5]:

$$V_{\delta^3\varphi} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot K_V, \quad (2.21)$$

де C_V - коефіцієнт, $C_V = 292$, [5];

X_V, Y_V, m - показники степені, $X_V = 0,15; Y_V = 0,2; m = 0,20$, [5].

K_V - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою:

$$K_V = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{ив} \cdot K_{\phi v}, \quad (2.22)$$

де K_{Mv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки;

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{nv} = 0,8$;

$K_{ив}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, $K_{ив} = 0,83$;

$K_{\phi v}$ - вплив геометричних параметрів різального інструменту, $K_{\phi v} = 0,9$.

Величину коефіцієнта K_{Mv} визначаємо за формулою:

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{mv}, \quad (2.23)$$

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{200} \right)^{1,7} = 0,91$$

$$K_V = 0,91 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 0,9 = 0,54,$$

Тоді,
$$V_{\text{різ}} = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,20}} \cdot 0,54 = 97 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, яка відповідає розрахованій швидкості різання, визначиться за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.24)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 97}{3,14 \cdot 196} = 186 \text{ хв}^{-1}.$$

За паспортом верстата приймаємо $n_{\delta} = 180 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання визначається за формулою:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\delta}}{1000}, \quad (2.25)$$

$$V_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 196 \cdot 180}{1000} = 94 \text{ м/хв.}$$

Потужність, яка витрачається на різання, визначиться за формулою [5]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_\delta}{60 \cdot 1020}, \quad (2.26)$$

де P_Z - сила різання, яка визначиться за формулою [5]:

$$P_Z = 10C_{PZ} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot S^{y_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz}, \quad (2.27)$$

де $C_{PZ}=92$; $x_{Pz}=1,0$; $y_{Pz}=0,75$; $n_{Pz}=-0,15$ [5].

K_{Pz} - загальний поправковий коефіцієнт на силу різання, який визначається за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (2.28)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{200}{190} \right)^{0,4} = 1,02.$$

Тоді, $P_Z = 10 \cdot 92 \cdot 2 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 94^{-0,15} \cdot 1,02 = 142 \text{ Н}$.

Отже, $N_{\text{різ}} = \frac{142 \cdot 250}{60 \cdot 1020} = 0,58 \text{ кВт}$.

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстата за умовою $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{ун}}$.

Потужність на шпинделі верстата визначиться за формулою:

$$N_{\text{ун}} = N_\delta \cdot \eta, \quad (2.29)$$

де N_δ - потужність двигуна верстата мод. 1К282, $N_\delta = 22 \text{ кВт}$;

η - коефіцієнт корисної дії приводу верстата, $\eta = 0,8$ [6].

$$N_{\text{ун}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}.$$

Оброблення можливе, так як $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{ун}}$ ($0,58 < 17,6$).

Основний час на оброблення визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o}, \quad (2.30)$$

де i - кількість проходів, $i = 1,0$;

L - довжина робочого ходу, визначається за формулою [3]

$$L = y + l + \Delta, \quad (2.31)$$

де y - величина врізання різця, $y = t \cdot \operatorname{ctg}\varphi = 2,2 \cdot \operatorname{ctg}60^\circ = 0,89$ мм;

l - довжина оброблюваної поверхні, $l = 53$ мм;

Δ - величина перебігу різця, $\Delta = 0$ мм.

Тоді $L = 0,89 + 53 + 0 = 53,89$ мм

$$T_0 = \frac{53,89 \cdot 1,0}{180 \cdot 0,2} = 1,469 \text{ хв.}$$

2.7.1.2 Розрахунок режимів різання при свердуванні отвору $\varnothing 11$ мм

Операція 035 Свердлувальна з ЧПК.

Перехід 1. Матеріал заготовки – чавун ВЧ 50 з HB200 МПа; верстат – вертикально-свердлувальний з ЧПК мод. 2P135Ф2.

Вибираємо різальний інструмент, визначаємо його конструктивні та геометричні параметри. Приймаємо свердло циліндричне $\varnothing 11$ мм з конічним хвостовиком, матеріал різальної частини – твердий сплав ВК8 [6].

Геометричні параметри: форма заточування – Н; $\alpha=8^\circ$; $\gamma=7^\circ$; $2\varphi = 120^\circ$; $2\varphi_0 = 70^\circ$; $\omega = 15^\circ$;

Призначаємо режими різання [5].

Глибина різання $t = \frac{D}{2} = \frac{11}{2} = 5,5$ мм.

Подача $s_0 = 0,31 \dots 0,42$ мм/об. шп. Призначаємо $s_0 = 0,4$ мм/об.

Період стійкості свердла $T = 60$ хв.

Швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструменту, визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (2.32)$$

де $C_v = 34,2$; $q_v = 0,45$; $x_v = 0$; $y_v = 0,3$; $m = 0,2$;

Поправковий коефіцієнт K_v розраховується за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv} \quad (2.33)$$

де $K_{Mv}, K_{iv}, K_{lv}, K_{lv}$ - поправкові коефіцієнти,

$$K_{Mv}=0,91; K_{iv}=0,83; K_{lv}=1,0; K_{lv}=0,8.$$

$$K_v = 0,91 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,6.$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 11^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 5,5^0 \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,6 = 32,0 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 32,0}{3,14 \cdot 11} = 927 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.34)$$

За паспортом верстата ближче менше значення $n=710 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання

$$V_a = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 710}{1000} = 26,6 \text{ м/хв.} \quad (2.35)$$

Визначимо крутний момент при свердлуванні за формулою:

$$M = 10 \cdot C_i \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.36)$$

де $C_i = 0,012; q_i = 2,2; Y_i = 0,8$.

$$M = 10 \cdot 0,012 \cdot 11^{2,2} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,91 = 10,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначимо величину осьової сили при свердлуванні за формулою:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (2.37)$$

де $C_p = 42; q = 1,2; y = 0,75$.

$$P_0 = 10 \cdot 42 \cdot 11^{1,2} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 0,91 = 3401 \text{ Н}.$$

Потужність різання визначиться як

$$N = \frac{M \cdot n}{9750}, \quad (2.38)$$

$$N = \frac{10,2 \cdot 710}{9750} = 0,74 \text{ кВт.}$$

Перевіримо, чи вистачить потужності на шпинделі верстата.

Потужність на шпинделі верстата визначаємо за формулою

$$N_{un} = N \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.39)$$

$$N_{\text{шт}}=4,5 \cdot 0,8=3,6 \text{ кВт.}$$

Оброблення можливе, так як $N_{\text{риз}} = 0,74 < N_{\text{шт}} = 3,6$.

Визначимо основний час на оброблення за формулою:

$$T = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (2.40)$$

де $L = y + l + \Delta$, тут $y = S \cdot D$ і $y = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 11 = 3,3 \text{ мм}$,

Величина перебігу інструменту $\Delta = 2 \text{ мм}$;

Довжина оброблюваної поверхні $l = 23 \text{ мм}$.

Визначаємо величину робочого ходу інструменту

$$L = 3,3 + 23 + 2 = 28,3 \text{ мм.}$$

$$\text{Основний час } T_0 = \frac{28,3}{710 \cdot 0,3} = 0,099 \text{ хв.}$$

Враховуючи те, що обробляється 18 отворів $\text{Ø}11$, то $T_0 = 0,099 \cdot 18 = 1,782 \text{ хв.}$

2.7.1.3 Призначення режимів різання на інші операції за нормативами [7]

Призначимо режими різання за нормативами на точне розвірчування отвору $\text{Ø}15\text{H}7$.

Матеріал заготовки – чавун ВЧ-50-2 з $\text{HB} = 200 \text{ МПа}$; верстат – вертикально-свердлувальний з ЧПК мод. 2Р135Ф2. Параметр шорсткості оброблюваної поверхні $\text{Ra}1,25 \text{ мкм}$, глибина різання $t = 0,16 \text{ мм}$.

Вибираємо різальний інструмент та визначимо його геометричні параметри. Приймаємо машинну цільну розвіртку діаметром $D=15 \text{ мм}$ з пластинками із твердого сплаву ВК8, так як виконується кінцеве оброблення. Геометричні параметри розвіртки призначаємо за [5]: $\gamma = 0^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; форма заточування I.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 0,16 \text{ мм}$. Призначаємо подачу. За даними [7] $s_o = 1,2 \text{ мм/об}$. Допустиме зношування розвіртки по задній поверхні забірного конуса - $h_3 = 0,4 \dots 0,7$. Період стійкості розвірток з пластинками із твердого сплаву $T=90 \text{ хв}$. [7].

Визначаємо швидкість різання, яка допускається ріжучими властивостями розвіртки. За даними [7] для деталі із чавуну і матеріалом розвіртки твердий сплав BK8 та шорсткістю поверхні Ra1,25мкм $V_{табл} = 7,6$ м/хв. При обробленні використовуємо як охолоджувальну рідину сульфофрезол.

Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.41)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 7,6}{3,14 \cdot 15} = 161,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата $n_0 = 140 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 160}{1000} = 7,5 \text{ м/хв.}$$

Корегуємо подачу за паспортними даними верстата $s_{хв} = s_0 \cdot n_0 = 1,2 \cdot 140 = 168$ мм/хв. Приймаємо $s_{хв} = 160$ мм/хв.

Визначенні режими різання за потужністю привода верстата не перевіряємо, так як при розвірчуванні отвору потрібна невелика потужність.

Визначимо основний час на оброблення.

$$\text{Величина врізання } y = t \cdot ctq\varphi = 0,16 \cdot ctq45^0 = 0,16 \text{ мм.}$$

Величина перебігу інструменту, $\Delta = 8$ мм.

Довжина оброблюваної поверхні $l = 24$ мм.

Визначаємо величину робочого ходу інструменту

$$L = 0,16 + 24 + 8 = 32,16 \text{ мм.}$$

Основний час на оброблення

$$T_0 = \frac{32,16}{160} = 0,201 \text{ хв.} \quad 2.40$$

На інші операції та переходи режими різання визначаємо аналогічно і зводимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Зведена таблиця режимів різання

Найменування операції, переходу	t, мм.	$\frac{l_{piz}}{l_{p.x}}$ мм.	λ	$\frac{T_m}{T_p}$ хв.	$\frac{S_p}{S_{np}}$, мм/об	$\frac{n_p}{n_{np}}$ хв-1	$\frac{V_p}{V_{np}}$ м/хв.	$S_{xв}$, мм/хв.	То, хв.	$\frac{Ne}{Np}$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Токарна автоматна										
1.Підрізати торець 1	1,1	$\frac{35}{38}$	0,92	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{346}{315}$	$\frac{50}{46}$	-	0,15	$\frac{2,1}{17,6}$
2.Розточити отвір 2	2,2	$\frac{53}{53,16}$	0,99	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{186}{180}$	$\frac{97}{94}$	-	1,469	$\frac{1,7}{17,6}$
3.Розточити отвір 4	1,8	$\frac{16}{16}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{112}{100}$	$\frac{32,9}{30,2}$	-	0,4	$\frac{2,8}{17,6}$
4.Підрізати торець в отворі 4	1,0	$\frac{22}{22}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{112}{100}$	$\frac{32,9}{30,2}$	-	0,44	$\frac{1,6}{17,6}$
025 Токарно-гвинторізна										
1.Розточити отвір 4 начисто	0,6	$\frac{16}{16}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{346}{315}$	$\frac{50}{46}$	-	0,508	$\frac{0,3}{8}$
3.Проточити канавку 3	5,0	$\frac{1,75}{1,75}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,08}{0,08}$	$\frac{332}{315}$	$\frac{45,9}{43,5}$	-	0,069	$\frac{0,358}{8}$
3. Розточити отвір 4 тонко	0,2	$\frac{16}{16}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,04}{0,04}$	$\frac{346}{315}$	$\frac{50}{46}$	-	1,269	$\frac{0,23}{8}$
030Токарно-гвинторізна										
1.Підрізати торець 7	1,0	$\frac{17}{19}$	0,89	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{332}{315}$	$\frac{45,9}{43,5}$	-	0,121	$\frac{1,19}{8}$
2.Точити поверхню однократно	0,75	$\frac{3}{3}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{186}{180}$	$\frac{97}{94}$	-	0,083	$\frac{0,58}{8}$
3. Точити поверхню начисто	0,16	$\frac{3}{3}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{186}{180}$	$\frac{97}{94}$	-	0,167	$\frac{0,15}{8}$

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
035 Свердлувальна з ЧПК										
1.Свердлувати отвори 13,15	5,5	$\frac{23}{28,3}$	0,81	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{927}{710}$	$\frac{32}{26,6}$	-	1,594	$\frac{1,34}{3,7}$
2.Свердлувати отвори 16	2,5	$\frac{13,5}{15,5}$	0,87	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{927}{710}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,055	$\frac{1,24}{3,7}$
3.Свердлувати отвір 18	3,5	$\frac{23}{25}$	0,92	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{927}{710}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,088	$\frac{0,63}{3,7}$
4.Цекувати отвори 15	3,5	$\frac{7}{7}$	1,0	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{506}{500}$	$\frac{28,6}{28,3}$	-	0,595	$\frac{0,57}{3,7}$
5.Нарізати різь в отворі 16	0,25	$\frac{13,5}{15,5}$	0,87	$\frac{30}{30}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{501}{500}$	$\frac{10,2}{9,7}$	-	0,062	$\frac{0,05}{3,7}$
6. Нарізати різь в отворі 18	0,5	$\frac{23}{25}$	0,92	$\frac{30}{30}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{501}{500}$	$\frac{12,6}{12,3}$	-	0,1	$\frac{0,07}{3,7}$
040 Свердлувальна з ЧПК										
1. Свердлувати 4 отвори 11	4,5	$\frac{14}{16}$	0,87	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{927}{710}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,225	$\frac{,57}{3,7}$
2. Цекувати 4 отвори 11	3,0	$\frac{7}{7}$	1,0	$\frac{90}{90}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{636}{630}$	$\frac{30,0}{29,7}$	-	0,044	$\frac{0,89}{3,7}$
045 Свердлувальна з ЧПК										
1.Свердлити отвір 9 Попередньо	7,34	$\frac{24}{26,1}$	0,89	$\frac{60}{60}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{927}{710}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,092	$\frac{2,9}{3,7}$
2. Розвернути отвір 9 Ø15 ^{+0,018}	0,16	$\frac{24}{26,1}$	0,89	$\frac{30}{30}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{161,3}{160}$	$\frac{7,6}{7,5}$	-	0,136	$\frac{0,36}{3,7}$

Закінчення таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Цекувати отвір Ø16	1,0	$\frac{1}{1}$	1,0	$\frac{30}{30}$	$\frac{0,47}{0,4}$	$\frac{636}{630}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,003	$\frac{0,03}{3,7}$
4. Цекувати отвір Ø20	2,0	$\frac{3}{3}$	1,0	$\frac{30}{30}$	$\frac{0,47}{0,4}$	$\frac{636}{630}$	$\frac{32}{26,6}$	-	0,012	$\frac{0,05}{3,7}$

2.8 Технічне нормування операцій технологічного процесу

2.8.1 Розрахунок технічних норм часу на операцію 020 Токарна автоматна

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [3]:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}, \quad (2.42)$$

де $T_{шт}$ - норма штучного часу на операцію;

$T_{нз}$ - підготовчо-заклучний час на операцію;

n - кількість деталей в партії.

Кількість деталей в партії визначаємо за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.43)$$

де a - запас деталей на складі, $a = 5$ шт.

$$n = \frac{10000 \cdot 5}{251} = 199 \text{ шт.}$$

Штучний час на операції визначається за формулою

$$T_{шт} = T_0 + T_{дон} + T_{обс} + T_{від}, \quad (2.44)$$

де T_0 - основний час на операції;

$T_{дон}$ - допоміжний час на операції;

$T_{обс}$ - час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця;

$T_{від}$ - час на відпочинок та особисті потреби.

В умовах серійного виробництва час на обслуговування та особисті потреби визначається як 6,5% від оперативного [3].

Основний час на операцію, $T_0 = 2,309$ хв. (див. таблицю 2.10)

Допоміжний час на операцію складається з такого:

- встановити-зняти, закріпити-звільнити заготовку – 0,024хв, [3].

Допоміжний час на прийоми керування верстатом визначимо за [3]:

- увімкнути та вимкнути верстат – 0,01 хв.;

- підвести та відвести інструмент – $0,04 \cdot 4 = 0,16$ хв;

- час очікування зупинки шпинделя – 0,05 хв.;

- час на вимірювання – 0,64 хв.

$$T_{доп} = 0,024 + 0,01 + 0,16 + 0,05 + 0,64 = 0,884 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначаємо за формулою

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп}, \quad (2.45)$$

$$T_{оп} = 2,309 + 0,884 = 3,193 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби визначається як [3]:

$$T_{обс.від} = \frac{T_{оп} \cdot T_{обс.від}}{100}, \quad (2.46)$$

де $\dot{O}_{i \text{ а н . а в і}}$ – відсоток часу від оперативного, $\dot{O}_{i i} = 6,5\%$ [3].

$$T_{обс.від} = \frac{6,5 \cdot 3,193}{100} = 0,207 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час для даної операції $T_{п.з} = 17$ хв. [3].

Тоді, за формулою (2.43) маємо

$$T_{шт} = 2,309 + 0,884 + 0,207 = 3,4 \text{ хв.}$$

А за формулою (2.41) маємо:

$$T_{ш.к} = 3,4 + \frac{17}{199} = 3,485 \text{ хв.}$$

2.8.2 Розрахунок норм часу за допомогою ЕОМ

З цією метою використаємо спеціалізовану комп'ютерну програму, розроблену на кафедрі ТМ ХНУ. Результати розрахунку представлені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 - Розрахунок норм часу за допомогою ЕОМ

Операція 020		:					
Модель верстата		1K282					
Виконав ст. гр.	ПМТМ-22-1	Кравчук Д.					
Перевірів							
Номер переходу	1	2	3	4	5	6	7
Основний час:	0,15	1,469	0,4	0,44	-	-	-
Всього:	0,15	1,469	0,4	0,44	-	-	-
Допоміжний час на:							
Встановлення та зняття деталей	0,024	-	-	-	-	-	-
Час на прохід	-	-	-	-	-	-	-
Зміна частоти обертання шпинделя	-	-	-	-	-	-	-
Зміна величини подачі	-	-	-	-	-	-	-
Поворот револьверної голівки	-	0,04	0,04	0,04	-	-	-
Контрольне промірювання	0,16	0,16	0,16	0,16	-	-	-
Всього:	0,184	0,20	0,20	0,20	-	-	-
Оперативний час	0,334	1,669	0,60	0,64	-	-	-
Час на обслуговування робочого місця							
Час на відпочинок та природні потреби	0,207						
Штучний час на операцію	3,4						
Підготовчо-заключний час	17						
Річна програма випуску, шт.	10000						
Періодичність запуску виробів, дн.	6						
Розмір партії деталей, шт.	199						
Штучно-калькуляційний час, хв.	3,485						

Визначені норми штучно-калькуляційного часу зводимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Зведена таблиця нормування технологічного процесу, хв.

Номер операції та її назва	T ₀	T _{доп}			T _{оп}	T _{обс}	T _{шт}	T _{пз}	n	T _{ш.к}
		T _{у.з}	T _{кер}	T _{вим}						
020 Токарна автоматна	2,309	0,024	0,16	0,64	3,193	0,207	3,4	17	199	3,485
025 Токарно-гвинторізна	1,846	0,024	0,16	0,64	2,67	0,174	2,844	17	199	2,929
030 Токарно-гвинторізна	0,371	0,024	0,16	0,64	1,195	0,078	1,272	17	199	1,357
035 Свердлувальна з ЧПК	2,494	0,13	0,24	0,42	3,284	0,213	3,497	12	199	3,557
040 Свердлильна з ЧПК	0,269	0,13	0,20	0,28	0,879	0,057	0,936	12	199	0,996
045 Свердлильна з ЧПК	0,243	0,13	0,24	0,28	0,893	0,058	0,951	12	199	1,011

2.9. Розроблення керувальної програми: операція 035, вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2 [8]

Вертикально-свердлильний верстат із числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі 2P135Ф2 найбільш раціонально використовувати у серійному виробництві для координатного оброблення деталей типу кришок, фланців, панелей без попереднього розмічування центрів отворів і застосування кондукторів завдяки наявності хрестового стола, револьверної інструментальної голівки та системи ЧПК.

Наявність на верстаті револьверної голівки для інструменту дозволяє виконувати свердлування, зенкерування, розвірчування, нарізування різьблення та інші операції в автоматичному режимі без зупинки програми.

Так як у деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015» є достатньо багато отворів із різними характеристиками, для оброблення яких потрібно мати різноманітний інструмент, то верстат моделі 2P135Ф2 цілком задовільняє як верстатне обладнання на операції 035 та на інших операціях технологічного

процесу, де передбачається оброблення певної сукупності отворів з різними характеристиками.

Верстат може бути оснащений різними пристроями ЧПК, та я обрав пристрій ЧПК моделі 2П32-3, так як добре знайомий із програмуванням саме у цій системі керування.

Позначення адрес програми, час їхньої дії і кількість знаків (рядків), що відводяться для них, наведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 Обсяг слів і структура кадру, яких має дотримуватись програміст при складанні програм

№ з/п	Адреса	Позначення	Кількість рядків	Межа дії адреси
1	Номер кадру	N	4	Зміна при наступній новій ознаці за символом N
2	Номер інструменту (позиція РГ)	T	3	Зміна при наступній новій ознаці за символом T
3	Підготовчі функції	G	3	Зміна при наступній новій ознаці за символом G
4	Допоміжні функції	M	3	Збій сигналу „Відповідь за символом M,,
5	Номер подачі	F	3	Зміна при наступній новій ознаці за символом F
6	Номер ступені частоти обертання шпинделя	S	3	Зміна при наступній новій ознаці за символом S
7	Номер коректора	L	3	Зміна при наступній новій ознаці за символом L
8	Переміщення вздовж осі X або Y	X,Y	8	Збій сигналу „Кінець циклу,,
9	Переміщення вздовж осі R або Z	R,Z	8	Збій сигналу „Кінець циклу,,
10	Кінець кадру	LF(ПС)	1	Збій сигналу „Відповідь за символом ПС,,
11	Знак „+”	+	1	
12	Знак „-”	-	1	
13	Головний кадр	:	1	
14	Початок програми	%	1	

Примітка. Ознакою R індексують холості переміщення інструмента по координаті Z (швидке підведення і відвід).

2.9.1 Порядок програмування

На підставі робочого кресленника деталі-прикладу (рис. 2.2) складають технологічний ескіз (приклад представлений на рис. 2.3). Для цього кресленник оброблюваної деталі переробляють так, щоб розміри до осей (центрів) оброблюваних отворів були задані в прямокутній системі координат. Початок координат прив'язують до поверхонь (характерних точок), по яких деталь базується в затискному пристрої. Всі отвори, що відпрацьовуються, нумерують у порядку їхнього оброблення.

Підбирають необхідний інструмент і режим різання. Кожному інструментові привласнюють його номер і номер коректора; указують його довжину, тобто відстань від торця шпинделя до нижньої точки інструмента (див. табл. 2.13). Кожному режимові різання присвоюють код подачі і код частоти обертання шпинделя.

Таблиця 2.13 - Інструмент, що застосовується для оброблення деталі-прикладу

№ з/п	Інструмент	Діаметр, мм	Довжина, мм	Номер позиції револьверної голівки	Номер коректора	Примітка (номер отвору)
1	Свердло	7	120	1	1	1,5
2	Свердло	8	130	2	2	2,4
3	Свердло	20	140	3	3	3
4	Зенкер	8,8	110	4	4	1,5
5	Розвіртка	9	100	5	5	1,5
6	Зенківка конічна	30	70	6	6	3
7	Зенківка циліндрична	10	50	1	7	2,4
8	Мітчик	M24	200	6	8	3

На підставі цих даних і технологічного маршруту складають керуючу програму. При цьому для полегшення занесення в керувальну програму переміщень по координаті Z і R значення переміщення по координаті R (швидке підведення) для всіх інструментів приймають рівним нулеві. Дійсне значення R для кожного інструмента визначають при настроюванні верстата і вводять у коректор відповідних інструментів. Координату Z кінцевої точки робочого ходу інструменту визначають за креслеником деталі і операційним ескізом. Операційний ескіз обробки деталі показаний на рис. 2.3.

При настроюванні верстата нуль, що плаває, по Z установлюють так, щоб забезпечити швидке підведення інструмента (підхід до координати R) за 2...3 мм до оброблюваної деталі (див. рис. 2.3). Для визначення величини корекції супорт з інструментом опускають до оброблюваної деталі і зупиняють (зазор між деталлю та інструментом 2...3 мм). Вмикають індикацію по координаті R і на коректорі встановлюють отримане значення координати R для даного інструмента.

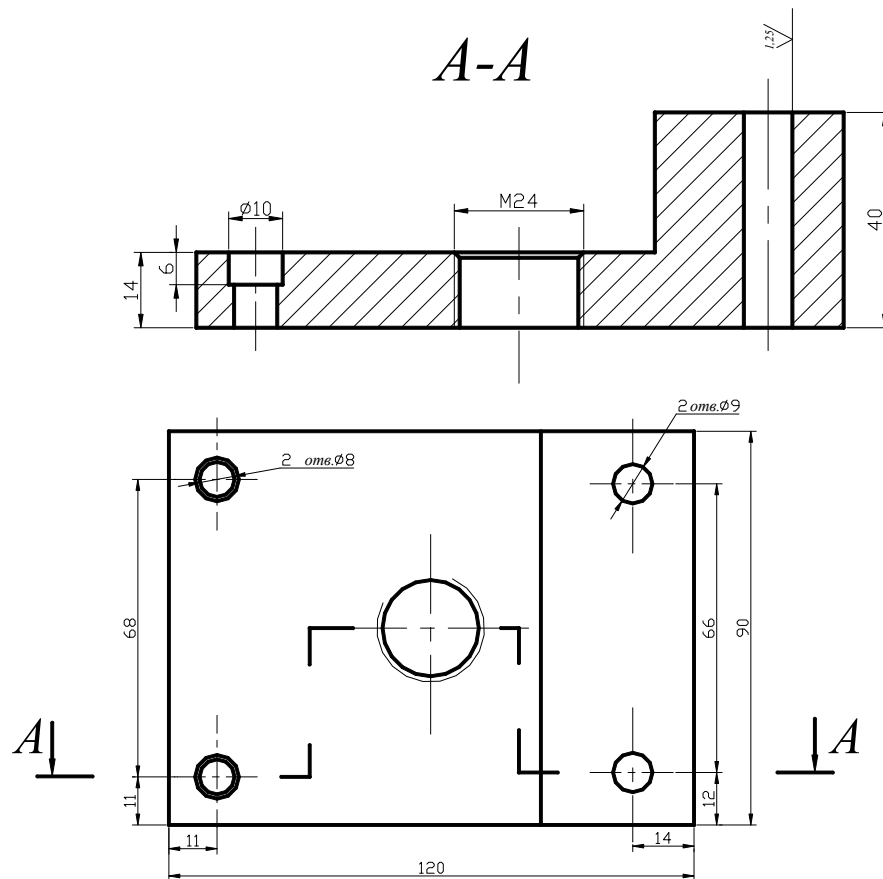


Рисунок 2.2 - Кресленик деталі-прикладу

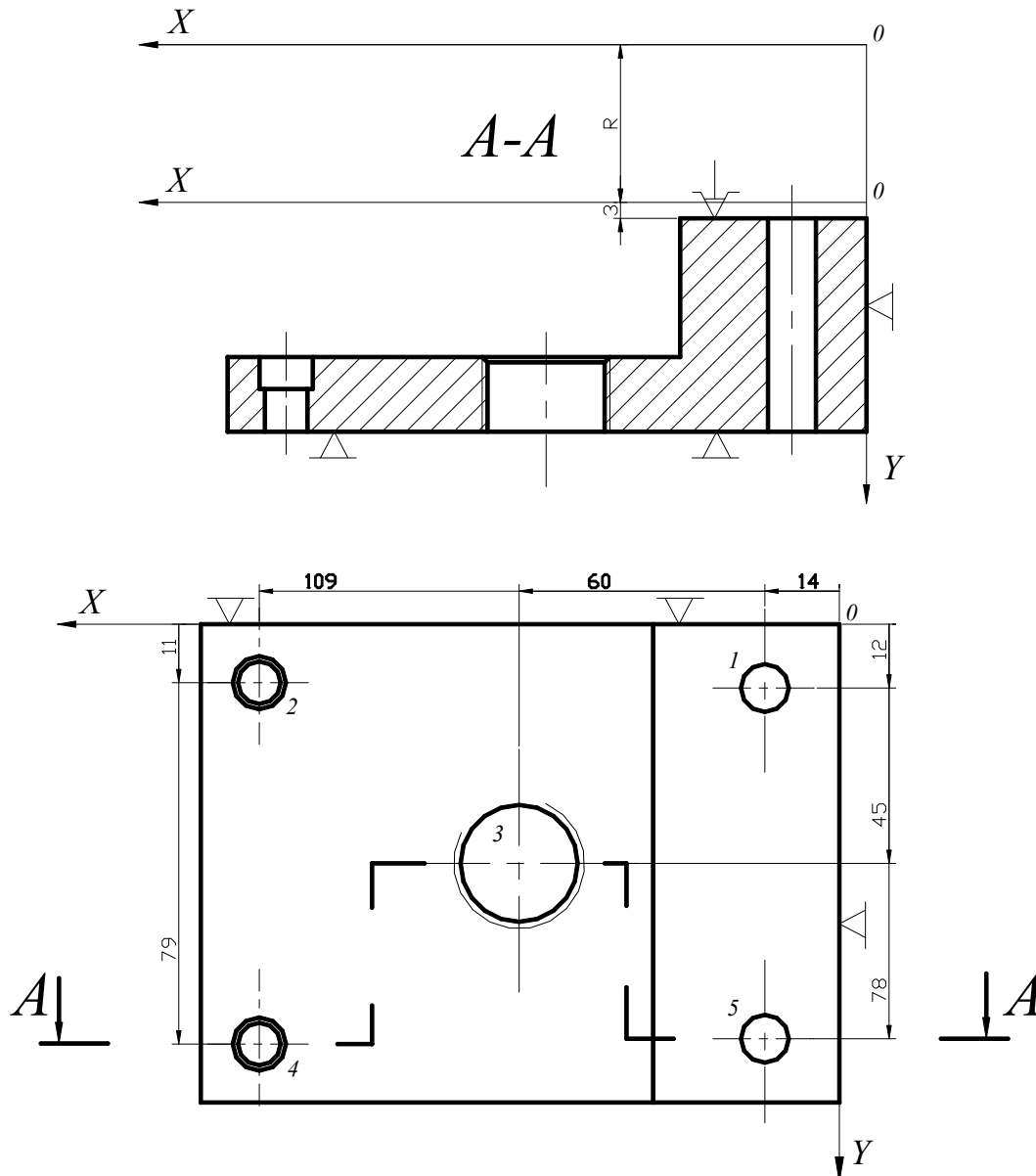


Рисунок 2.3 - Операційний ескіз оброблення деталі-прикладу

Для деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015» згідно із описаною вище методикою розробляємо операційний ескіз, підбираємо характеристики інструменту та режими різання для них і заносимо це у карту налагодження. Карта налагодження верстата з ЧПК для операції 035 представлена у графічній частині дипломної роботи. На основі цього складаємо керувальну програму даної для операції, яка представлена у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічному обробленні

3.1.1 Проектування верстатного пристрою для оброблення отворів $\text{Ø}11\pm 0,2\text{мм}$ та отворів М8-6Н.

3.1.1.1 Вибір установочних елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки в пристрої

В процесі механічного оброблення в корпусі виготовляються наскрізні отвори та отвори під різь. Заготовку необхідно встановити таким чином, щоби вісь отвору була перпендикулярна площині основи. Крім того, в процесі оброблення заготовка має бути надійно закріплена. Для цього розроблено наступну схему базування і закріплення заготовки, що представлена на рисунку 3.1.

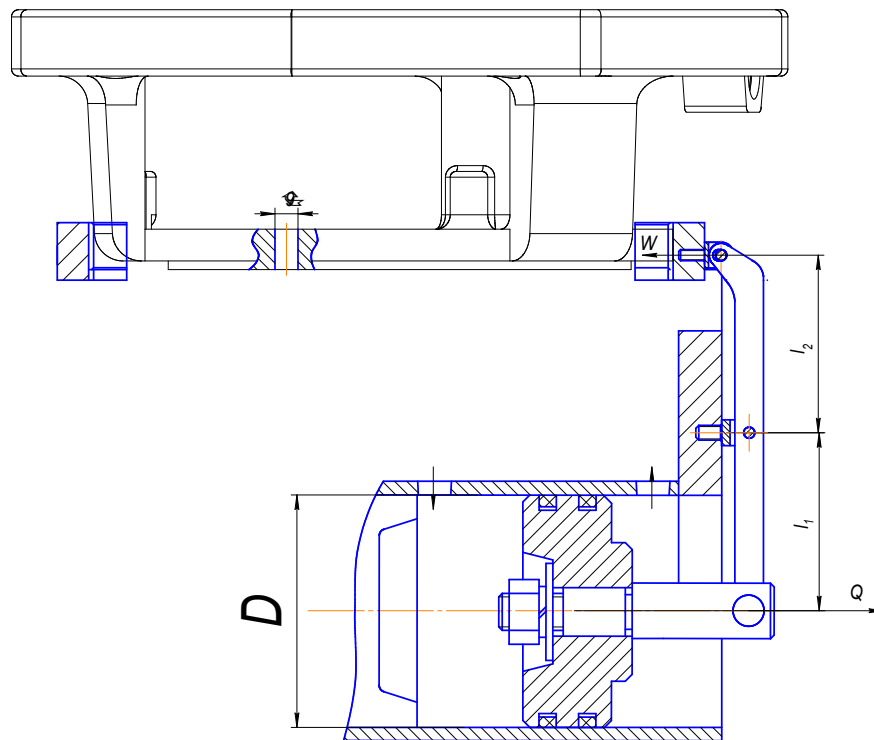


Рисунок 3.1 – Схема базування і закріплення заготовки

Як установчий елемент пристрою застосовується призма з додатковим упором, на яку заготовка встановлюється зовнішньою поверхнею. Загальна схема пристрою для свердлування отворів $\text{Ø}11\text{мм}$ показана на рис. 3.2.

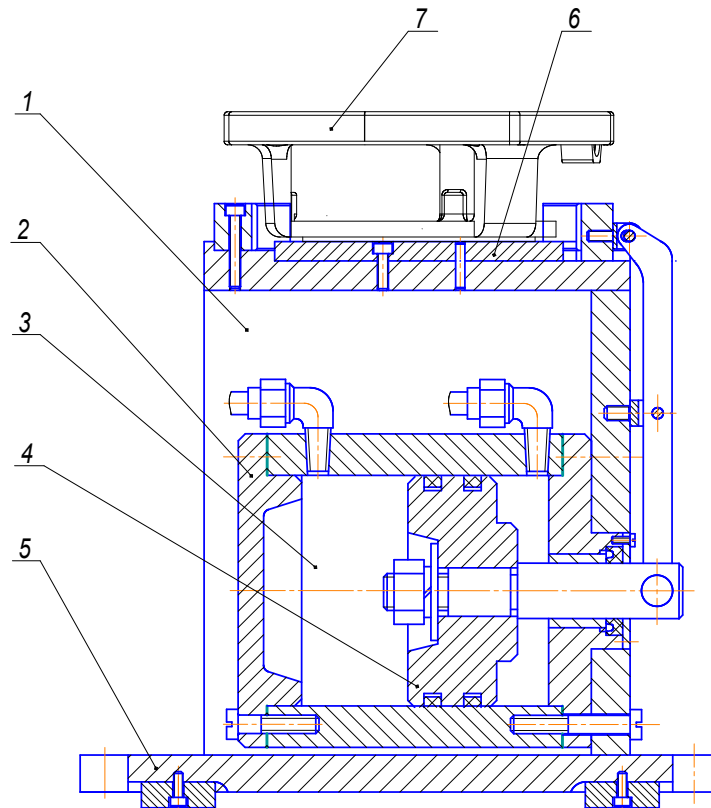


Рисунок 3.2 – Схема пристрою для свердлування отворів $\text{Ø}11\text{мм}$

Даний пристрій складається з корпусу 1 (див. рис. 3.2), який виготовляється із сталі марки Ст. 3 суцільним. Корпус 1 приварений до плити 5, за допомогою якої базується на столі верстата і орієнтується призматичними шпонками. Кріпиться корпус пристрою на столі верстата T-подібними болтами, головки яких фіксуються в пазах стола. Кришка 2 пневмоциліндра 3 і поршень 4 виготовлені зі сталі марки Ст. 3. Затискні поверхні призм гартуються до твердості 52...58 HRC.

3.1.1.2 Розрахунок сил закріплення заготовки та приводу пристрою

При вибраній схемі закріплення (див. рис. 3.1) сила затиску заготовки визначається за формулою [9,10]:

$$W = \frac{K \cdot M_{кр}}{R \cdot f_1 + R \cdot f_2 / \sin \frac{a}{2}}, \quad (3.1)$$

де R – радіус кола, на якому прикладені сили, $R = 172$ мм.

K - коефіцієнт запасу;

f_1 - коефіцієнт тертя заготовки з опорним елементом, $f_1 = 0,16$ [10];

f_2 - коефіцієнт тертя заготовки із затискним елементом, $f_2 = 0,25$ [10];

$M_{кр}$ - крутний момент; $M_{кр} = 10,2$ Н·м;

a - кут призми, $a = 90^\circ$.

Коефіцієнт запасу визначається за формулою [9]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ - коефіцієнти, що відповідно враховують збільшення сил різання при чорновому обробленні; затуплення інструменту; перервний вид різання; нестабільність сил різання; незручність розташування рукоятки управління; базування плоскої поверхні на іншу плоску поверхню.

За даними [9] приймаємо: $K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,6$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $K_5 = 1,0$; $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,88. \quad (3.3)$$

Тоді, за формулою (3.1) маємо:

$$W = \frac{2,88 \cdot 10,2 \cdot 10^3}{172 \cdot 0,16 + 172 \cdot 0,25 / \sin 45^\circ} = 10317 \text{ Н.}$$

Розрахунок приводу пристрою.

У нашому випадку розрахунок приводу пристрою полягає у визначенні величини діаметра пневмоциліндра.

Із схеми закріплення деталі маємо:

$$Q = W \frac{L_1}{L_2}; \quad (3.4)$$

Приймаючи співвідношення плеч важеля $\frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{1}$, зусилля на штоку пневмоциліндра визначиться як $Q = W = 10317 \text{ Н}$.

Зусилля на штоку пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря в пневмосистемі і діаметра циліндра:

Приймаємо робочий тиск повітря в пневмомережі $\rho_1 = 0,63 \text{ МПа}$.

Діаметр пневмоциліндра визначимо за формулою [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.5)$$

де η - к. к. д. пневмоциліндра, $\eta = 0,9$;

d - діаметр штока, попередньо приймемо $d = 25 \text{ мм}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10317}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9} + 25^2} = 154,28 \text{ мм}.$$

Приймаємо остаточно рекомендований діаметр пневмоциліндра $D_{\text{в}} = 160 \text{ мм}$; діаметр штока $d_{\text{ш}} = 40 \text{ мм}$ [9].

Дійсне зусилля на штоку пневмоциліндра з вибраними параметрами визначиться за формулою:

$$Q_{\text{д}} = \frac{\pi \rho_{\text{п}} \cdot \eta}{4} (D^2 - d^2), \quad (3.6)$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{4} (160^2 - 40^2) = 11782 \text{ Н}.$$

Тоді дійсне зусилля затиску буде $W_{\text{д}} = Q_{\text{д}} = 11782 \text{ Н}$.

Реальний коефіцієнт запасу розраховуємо за формулою [10]:

$$K_{\text{д}} = K \cdot \frac{W_{\text{д}}}{W}; \quad (3.7)$$

$$K_d = 2,88 \cdot \frac{10317}{11690} = 2,55.$$

Отже, надійність закріплення заготовки в пристрої забезпечена.

Величину ходу поршня визначиться із залежності [9]:

$$S_W = \Delta_{gap} + TH + \frac{W_d}{I_B} + \Delta S_W, \quad (3.8)$$

де Δ_{gap} - гарантований зазор для вільної установки заготовки, $\Delta_{gap} = 0,5$ мм;

TH - допуск розміру заготовки в напрямку закріплення, $TH = 0,87$ мм;

I_B - коефіцієнт жорсткості механізму, $I_B = 2000$ Н/мм;

ΔS_W - запас переміщення, $\Delta S_W = 0,4$ мм.

$$S_W = 0,5 + 0,87 + \frac{11782}{2000} + 0,4 = 7,6 \text{ мм.}$$

3.1.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Визначимо діаметр різі болта, який кріпить кришку пневмоциліндра.

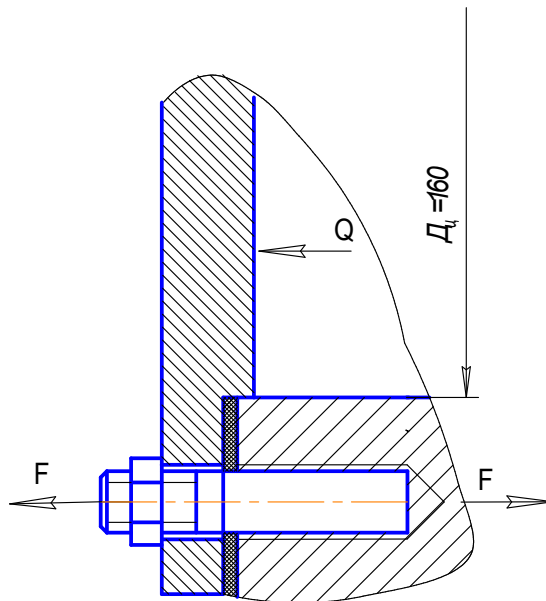


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку

Сила, яка діє на кришку пневмоциліндра за умови, що тиск повітря в пневмомережі буде максимальним ($\rho_n = 0,63$ МПа) буде $Q_0 = 11782$ Н (п.3.1.2.2).

Приймаємо число болтів $Z=6$, матеріал болтів – сталь 40Х класу міцності 5.6, матеріал прокладки – гума.

Для різьбового з'єднання з неконтрольованим затиском при постійному навантаженні приймаємо коефіцієнт запасу міцності $[S_T]=300$ МПа [9].

Допустиме напруження розтягування визначиться із формули [11]:

$$[\sigma_P] = \frac{\sigma_T}{[S_T]} = \frac{300}{4,5} \approx 67, \quad (3.9)$$

Тоді навантаження на один болт буде:

$$F = \frac{Q_d}{Z} = \frac{11782}{6} = 1963 \text{ Н.} \quad (3.10)$$

Для герметичності з'єднання болти при складанні встановлюються з попереднім натягом. Враховуючи пружну гумову прокладку в з'єднанні, приймаємо коефіцієнт зовнішнього навантаження $x = 0,45$ [10].

При постійному навантаженні коефіцієнт запасу попереднього натягу $K_{нат} = 1,75$ [10].

Зусилля попереднього натягу визначиться за формулою [10]:

$$F_0 = K_{нат}(1-x)F = 1,75(1-0,45) \cdot 1963 = 1889 \text{ Н.} \quad (3.11)$$

Розрахункова сила:

$$F_p = 1,3F_0 + xF = 1,3 \cdot 1889 + 0,45 \cdot 1963 = 2884 \text{ Н,} \quad (3.12)$$

Розрахунковий діаметр різі болтів:

$$d \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi \cdot [\sigma_P]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2884}{3,14 \cdot 67}} = 7,4 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Приймаємо різь $M10$ із кроком $p=1,5$ мм, для якої

$$d_p = d - 0,94p = 10 - 0,94 \cdot 1,5 = 8,59 > 7,4 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

Таким чином, різь $M10$ забезпечує необхідну надійність кріплення кришки пневмоциліндра.

3.1.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка оброблення при використанні даного пристрою визначиться за формулою [9]:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = T - k \cdot \omega, \quad (3.15)$$

де T - допуск на виконавчий розмір, $T = 0,4$ мм;

k - коефіцієнт, $k = 0,6$;

ω - похибка верстата, $\omega = 0,06$ мм [9].

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,4 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,364 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої визначиться із залежності [9]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (3.16)$$

де ε_6 - похибка базування заготовки в пристрої;

ε_3 - похибка закріплення, яка виникає від дії сил закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка пристрою.

Похибка базування у даному випадку рівна нулю, так як заготовка встановлюється на плоскі поверхні і оброблення отвору ведеться мірним інструментом, тобто, $\varepsilon_6 = 0$.

Для закріплення заготовки використовуємо пневмопривод, у якого сила затиску практично постійна. Тому можемо прийняти, що $\varepsilon_3 = 0$.

Згідно з рекомендаціям [9] похибка пристрою визначається за емпіричною залежністю

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1T, \quad (3.17)$$

де T - допуск на виконавчий розмір, $T = 0,4$ мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ мм.}$$

Тоді, згідно (3.16) $\varepsilon_y = \varepsilon_{\text{пр}} = 0,04$ мм.

Таким чином, умова $\varepsilon_{\text{доп}} > \varepsilon_y (0,364 > 0,04)$ виконується, тобто, пристрій придатний для використання.

3.1.1.5 Розроблення технічних умов на пристрій, його компоунання та описання принципу роботи

Технічні умови на спроектований пристрій наступні:

1. Перед експлуатацією перевірити стики на герметичність.
2. Витрати повітря не допускаються.
3. Робочий тиск повітря у пневмережі не менше 0,4МПа, максимальний - не більше 0,63 МПа.
4. Максимальна сила затиску $W = 11782 \text{ Н}$.
5. Маркувати відповідно до прийнятих на підприємстві правил.

Принцип дії пристрою наступний. Заготовка 7 встановлюється нижньою площиною на установчий елемент 6 (див. рис. 3.2.) Повітря під тиском подається в штокову порожнину 3 пневмоциліндра і штовхає поршень 4 і шток. При цьому другий кінець штока штовхає важіль, на якому з іншого боку кріпиться затискний елемент, що затискає заготовку.

При звільненні заготовки повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра. Переміщуючись, поршень штовхає шток, який тягне важіль і здійснює, відповідно, звільнення заготовки.

3.1.2. Проектування верстатного пристрою для оброблення отвору $\text{Ø}15H7$

3.1.2.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки в пристрої

В процесі механічного оброблення в корпусі виготовляють наскрізний отвір $\text{Ø}15H7$. Заготовку при цьому необхідно встановити таким чином, щоби вісь отвору була перпендикулярна площині основи. Крім того, в процесі оброблення

заготовка має бути надійно закріплена. Для чого розроблено відповідну схему базування і закріплення заготовки (див. рис. 3.4).

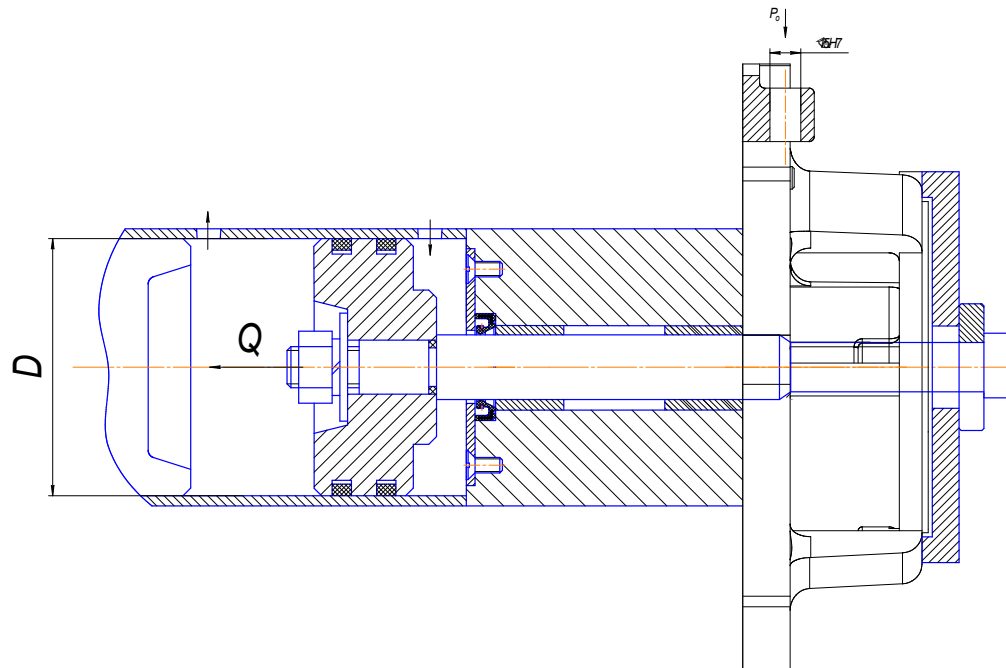


Рисунок 3.4 – Схема базування і закріплення заготовки

3.1.2.2 Розрахунок сил закріплення заготовки та приводу пристрою

Зміщення заготовки попереджається силами тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискним елементом.

Для заданої схеми закріплення (див. рис. 3.4) сила затиску заготовки визначиться за формулою [9]:

$$W = \frac{k \cdot P_o}{f_1 + f_2}, \text{ Н} \quad (3.18)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя заготовки з опорним елементом, $f_1 = 0,16$;

f_2 - коефіцієнт тертя заготовки із затискним елементом, $f_2 = 0,25$;

P_o - осьова сила при свердлуванні; $P_o = 1580 \text{ Н}$;

k - коефіцієнт запасу. Приймаємо $k = 1,5$.

Тоді сила закріплення визначиться як $W = \frac{1,5 \cdot 1580}{0,12 + 0,25} = 6405 \text{ Н}$.

Розрахунок приводу пристрою.

Необхідне зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = W = 6405 \text{ Н.} \quad (3.19)$$

Зусилля на штоку пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря в системі і діаметра циліндра. Приймаємо робочий тиск повітря в пневмережі $\rho_{\text{п}} = 0,63 \text{ МПа}$.

Діаметр пневмоциліндра визначимо за формулою [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.20)$$

де η - коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра, $\eta = 0,9$;

d - діаметр штока, попердньо приймемо $d = 25 \text{ мм}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6405}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9} + 25^2} = 123,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо рекомендований діаметр пневмоциліндра $D_{\text{о}} = 125 \text{ мм}$ і діаметр штока $d_{\text{шт}} = 32 \text{ мм}$ [9].

Дійсне зусилля на штоку пневмоциліндра із вибраними параметрами визначиться як

$$Q_{\text{д}} = \frac{\pi \rho_{\text{п}} \cdot \eta}{4} (D^2 - d^2), \quad (3.21)$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{4} (125^2 - 32^2) = 6498 \text{ Н.}$$

Дійсне зусилля затиску буде $W_{\text{д}} = Q_{\text{о}} = 6498 \text{ Н}$.

А коефіцієнт запасу визначиться як:

$$K_{\text{о}} = K \cdot \frac{W_{\text{о}}}{W}; \quad (3.22)$$

$$K_{\text{д}} = 2,88 \cdot \frac{6405}{6498} = 2,83.$$

Отже, надійність закріплення заготовки в пристрої забезпечена.

Величину ходу поршня визначимо із залежності:

$$S_W = \Delta_{gap} + TH + \frac{W_{\partial}}{I_B} + \Delta S_W, \quad (3.23)$$

де Δ_{gap} - гарантований зазор для вільної установки заготовки, $\Delta_{gap} = 0,5$ мм;

TH - допуск розміру заготовки в напрямку закріплення, $TH = 0,87$ мм;

I_e - коефіцієнт жорсткості механізму, $I_e = 2000$ Н/мм;

ΔS_W - запас переміщення, $\Delta S_W = 0,4$ мм.

$$S_W = 0,5 + 0,87 + \frac{6498}{2000} + 0,4 = 5,02 \text{ мм.}$$

3.1.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахуємо діаметр різі болта, який кріпить кришку пневмоциліндра.

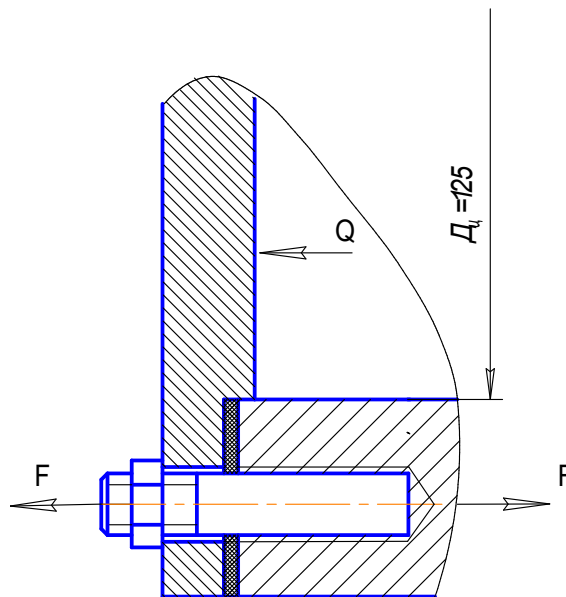


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Максимальна сила, яка діятиме на кришку пневмоциліндра, буде за умови, що тиск повітря в пневмомережі теж буде максимальним, тобто, $\rho_n = 0,63$ МПа, отже, $Q_0 = 6498$ Н (п.3.2.2.2).

Приймаємо кількість болтів $Z = 6$, матеріал болтів – сталь марки Ст.3 класу міцності 5.6, матеріал прокладки – гума.

Для різьбового з'єднання з неконтрольованим затиском при постійному навантаженні приймаємо коефіцієнт запасу міцності $[S_T] = 4,5$.

Допустиме напруження розтягування

$$[\sigma_P] = \frac{\sigma_T}{[S_T]} = \frac{300}{4,5} \approx 67 \text{ МПа.} \quad (3.24)$$

Навантаження на один болт визначимо як:

$$F = \frac{Q_d}{Z} = \frac{6498}{6} = 1083 \text{ Н,} \quad (3.25)$$

Для герметичності з'єднання болти встановлюються з попереднім затягуванням при складанні, враховуючи при цьому наявність пружної гумової прокладки у з'єднанні.

Приймаємо коефіцієнт зовнішнього навантаження $x = 0,45$.

При постійному навантаженні коефіцієнт запасу попереднього затягування болтів $K_{зам} = 1,75$.

Зусилля попереднього затягування визначиться як:

$$F_0 = K_{зам}(1-x)F = 1,75(1-0,45) \cdot 1083 = 1042 \text{ Н.} \quad (3.26)$$

Тоді, розрахункове зусилля F_p буде:

$$F_p = 1,3F_0 + xF = 1,3 \cdot 1042 + 0,45 \cdot 1083 = 2762 \text{ Н,} \quad (3.27)$$

Розрахунковий діаметр різі болтів:

$$d \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2762}{3,14 \cdot 67}} = 7,4 \text{ мм}, \quad (3.28)$$

Приймаємо різь $M10$ з кроком $p = 1,5$ мм, для якої

$$d_p = d - 0,94p = 10 - 0,94 \cdot 1,5 = 8,59 > 7,4 \text{ мм}. \quad (3.29)$$

Отже, різь $M10$ надійність кріплення кришки забезпечує.

3.1.2.4 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка оброблення при використанні пристрою визначиться як:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = T - k \cdot \omega, \quad (3.30)$$

де T - допуск на виконавчий розмір, $T = 0,4$ мм;

k - коефіцієнт, $k = 0,6$;

ω - похибка верстата, $\omega = 0,06$ мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,4 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,364 \text{ мм}.$$

Похибка установки деталі в пристрої визначиться за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.31)$$

де ε_6 - похибка базування заготовки в пристрої;

ε_3 - похибка закріплення, яка виникає від дії сил закріплення;

ε_{np} - похибка пристрою.

Похибка базування в даному випадку дорівнює нулю, так як заготовка встановлюється на плоскі поверхні і оброблення отвору ведеться мірним інструментом, тобто $\varepsilon_6 = 0$.

Для закріплення заготовки використовуємо пневмопривод, у якого сила затиску практично постійна. Тому можемо прийняти, що $\varepsilon_3 = 0$.

Згідно з рекомендацій [10] похибка пристрою визначиться емпіричною залежністю

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1T, \quad (3.32)$$

де T - допуск на виконавчий розмір, $T = 0,4$ мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ мм.}$$

Тоді, за формулою (3.31) $\varepsilon_y = \varepsilon_{\text{пр}} = 0,04$ мм.

Отже, умова $\varepsilon_{\text{доп}} > \varepsilon_y$ ($0,364 > 0,04$) виконується, тобто, пристрій забезпечує необхідну точність оброблення і придатний для використання.

3.1.2.5 Розроблення технічних умов на пристрій, компонування та описання його роботи

Технічні умови на проєктований пристрій наступні:

1. Перед експлуатацією пневмопривод пристрою перевірити на герметичність. Витрата повітря не допускаються.

2. Мінімальний робочий тиск повітря в пневмережі не менше 0,4 МПа, максимальний - не більше 0,63 МПа.

3. Максимальна сила затиску $W = 6498$ Н.

4. Маркувати згідно рекомендацій замовника.

Принцип дії пристрою наступний: заготовка встановлюється опорною площиною на установчі елементи. Повітря подається під тиском в штокову порожнину пневмоциліндра 2 і штохває вліво поршень 1 із штоком 3, на кінці якого кришка 5 затискає деталь. При звільненні заготовки повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і переміщає поршень вправо. Зручність зміни заготовки при установці в пристрій забезпечується застосуванням швидкозмінної шайби 6.

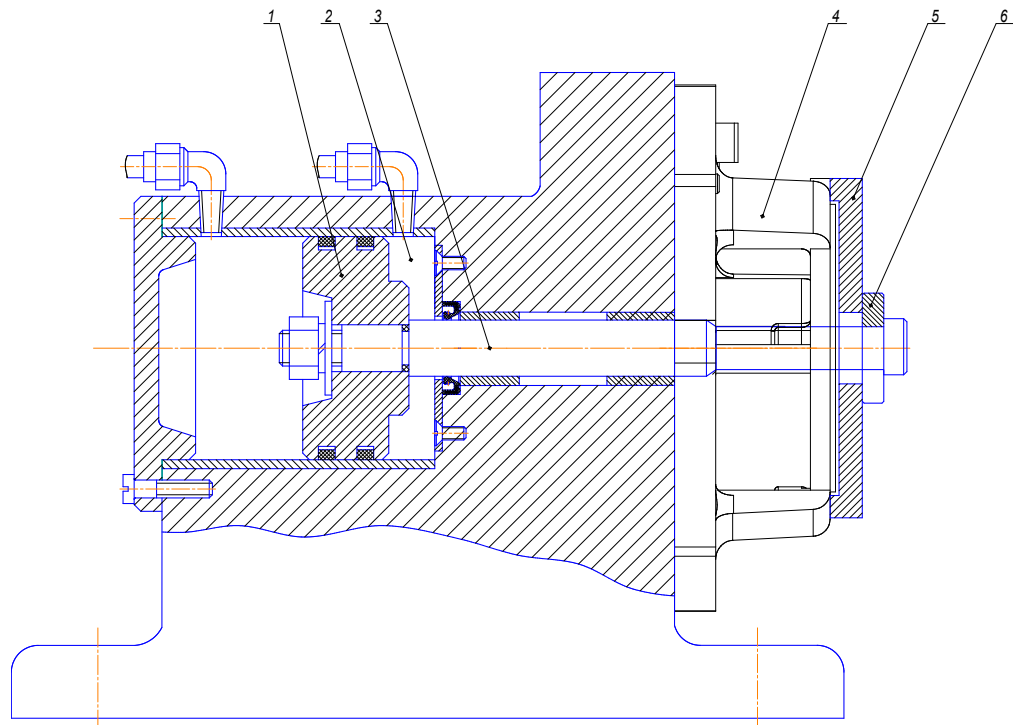


Рисунок 3.6 – Схема пристрою

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю відхилення від циліндричності основного отвору $\varnothing 240^{+0,073}_{+0,015}$ мм

3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

В умовах сучасного машинобудівного виробництва завдання підвищення точності технічних вимірювань вирішується широким впровадженням контрольно-вимірювальних пристроїв. Контрольно-вимірювальні пристрої – спеціальні виробничі засоби вимірювань, що представляють собою поєднання базувальних елементів, затискних, передавальних та вимірювальних пристроїв.

Базувальні елементи забезпечують правильність положення деталей, що контролюються, відносно засобів вимірювання.

Затискні пристрої сприяють підвищенню надійності встановлення деталі в пристрої, не викликаючи при цьому труднощів користування контрольним пристроєм.

Контрольно-вимірювальними пристроями перевіряють різні параметри деталей та вузлів машин:

- лінійні розміри (діаметри отворів і валів, довжини, висоти, глибини);
- взаємне розміщення поверхонь;
- відхилення від правильної геометричної форми поверхонь деталей;
- нелінійні параметри (пружність, твердість, герметичність з'єднань і зварювальних швів);
- випробування працездатності складальних вузлів та машин в експлуатаційних умовах або в умовах до них подібних.

Конструкція кожного контрольного пристрою має задовольняти різні вимоги. Найголовніші з них такі:

- оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- зручність в експлуатації.

Конструкція контрольного пристрою загалом та усіх пристроїв, що входять до нього, а також вимірювальних засобів має бути такою, щоби повністю задовольняти вимоги виконання контрольної операції.

В даній дипломній роботі таким контрольно-вимірювальним пристроєм є пристрій для контролю відхилення від циліндричності базового отвору деталі $\varnothing 240_{+0,015}^{+0,073}$ (див. рис. 3.7).

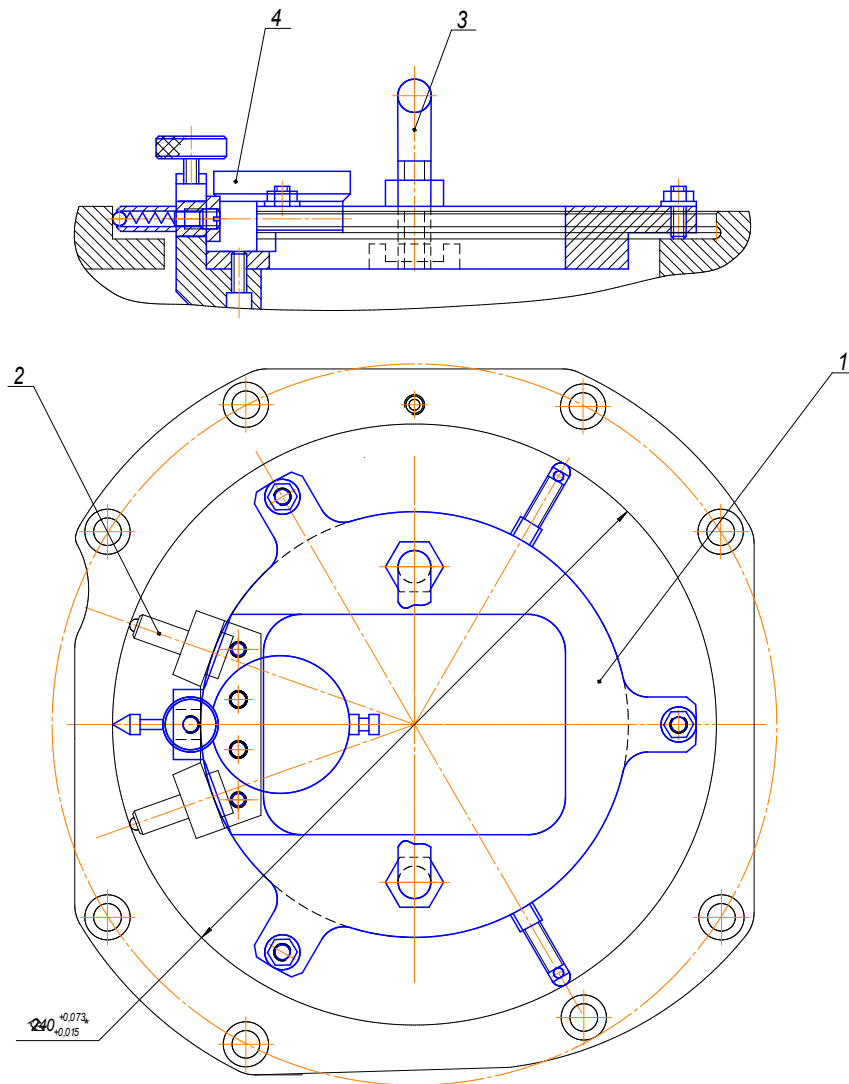


Рисунок 3.7 - Контрольний пристрій

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

При розрахунку пристрою на точність визначається допустима похибка вимірювання за формулою [9]

$$\varepsilon_{\text{дон}} \approx 0,3T, \tag{3.33}$$

де T - допуск на контрольований розмір, $T = 58\text{мкм}$.

$$\varepsilon_{\text{дон}} \approx 0,3 \cdot 58 = 17,4\text{мкм}.$$

Фактична похибка вимірювання визначиться за формулою

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} + \varepsilon_{ind}, \quad (3.34)$$

де ε_6 - похибка базування;

ε_3 - похибка закріплення;

ε_{np} - похибка виготовлення пристрою;

ε_{ind} - похибка вимірювального приладу.

В даному випадку похибка базування дорівнює нулю, так як контрольний пристрій самобазувальний, $\varepsilon_6 = 0$.

Похибки від сил закріплення не буде, так як деталь не закріплюється, $\varepsilon_3 = 0$.

Похибка виготовлення пристрою визначається з емпіричної залежності [9]

$$\varepsilon_{np} = 0,1T, \quad (3.35)$$

тут T - допуск на контрольований розмір, $T = 58$ мкм.

$$\varepsilon_{np} = 0,1 \cdot 58 = 5,8 \text{ мкм.}$$

Для контролю заданого відхилення використовуємо індикатор годинникового типу ІГ 10 кл.1 з ціною поділки 1 мкм.

Тоді, за формулою (3.34) $\varepsilon_{\phi} = 1,9 + 1 = 2,9$ мкм.

Умова $\varepsilon_{дон} > \varepsilon_{\phi}$ ($17,4 > 2,9$) виконується, тобто, пристрій придатний.

Описання конструкції пристрою. Пристрій складається з корпусу 1 (рис. 3.7), вузла фіксації 2, який забезпечує самоцентрування пристрою в процесі вимірювання, ручки для встановлення пристрою 3 в отвір, що контролюється, та індикатора 4.

Принцип роботи пристрою наступний: пристрій встановлюють на еталону деталь, стрілку індикатора виставляють на "0". Потім встановлюють пристрій в отвір деталі, що контролюється, провертають за ручку більш ніж на 360° і за показами індикатора встановлюють величину відхилення від циліндричності отвору $\varnothing 240_{+0,015}^{+0,073}$.

3.3 Проектування різального інструменту

Для досягнення параметрів точності і шорсткості поверхні отвору $\varnothing 15H7 (+0,018)$, Ra2,5мкм в технологічному процесі виготовлення деталі передбачене розвірчування (операція 045). У зв'язку із цим завданням на дипломну роботу передбачене розроблення спеціальної розвіртки, проектування якої ведемо згідно рекомендацій [12].

Розвіртки призначені для завершальної операції оброблення отворів. Вони забезпечують отримання 5-6 квалітету точності та високих показників шорсткості поверхні.

Вихідними даними для розрахунку розвірток служать:

1. Оброблюваний матеріал;
2. Матеріал різальної частини розвіртки;
3. Діаметр отвору до оброблення;
4. Діаметр отвору після оброблення;
5. Потрібна точність і шорсткість оброблення поверхні отвору.

Матеріал різальної частини розвіртки може бути не заданим. Проектування розвірток ведеться в наступному порядку:

1. Підбирається тип розвіртки;
2. Вибирається матеріал різальної частини;
3. Визначаються конструктивні елементи розвіртки і геометричні параметри її різальної частини;
4. Розробляється робоче креслення розвіртки.

У практиці машинобудівних підприємств зустрічаються різні види розвірток. Вони поділяються на групи залежно від характеру їх застосування, методу закріплення, конструкції зубців, методу регулювання отриманого розміру, матеріалу різальної частини.

Згідно завдання на дипломну роботу проектуванню підлягає розвіртка за формою - циліндрична, за типом приводу - машинна.

Матеріал різальної частини. Машинні розвіртки виготовляють із інструментальних сталей, з легованих сталей (9ХС, ХВГ), із швидкорізальних сталей (Р6М5, Р12, Р12Ф3), а також оснащені пластинками із твердих сплавів (Т15К6, Т30К4, ВК8) при обробленні отворів в деталях із сталей та чавунів.

Хвостова частина зварювальних розвірток виконується із конструктивних сталей 45 і 40Х. Поверхнева твердість розвірток після термічної оброблення різальної частини може складати НРС 60...64 од.

Приймаємо цільну розвіртку з конічним хвостовиком, матеріал різальної частини – ВК8, матеріал хвостовика - сталь 45.

Основними конструктивними елементами і геометричними параметрами розвірток є:

1) номінальний діаметр розвіртки приймається рівним діаметру обробленого розвірткою отвору. Приймаємо зовнішній діаметр $D = 15$ мм;

2) ріжуча частина призначена для зняття основного припуску. Вона виконується у вигляді конусу з кутом φ . Величина цього кута вибирається залежно від типу і призначення розвіртки. Для розвірток, які використовуються для оброблення наскрізних отворів, кут φ приймається рівним 15° ;

3) на початковій зоні різальної частини для полегшення входження в отвір і попередження небезпеки викришування зубців розвіртки за наявності дефектів в отворі у розвірток для наскрізних отворів виконується напрямний конус з кутом 45° .

Мінімальний діаметр напрямного конусу приймають рівним:

$$D_{\text{кон}} = D - 0,7\sqrt[3]{D} \text{ мм} \quad (3.36)$$

Для вільного заходу розвіртки в отвір діаметр різальної частини з кутом $\varphi=15^\circ$ має бути меншим номінального діаметра розвіртки.

Число зубів у розвіртки розраховують за формулою:

$$z = 1.5 \cdot \sqrt{D} + G \quad (3.37)$$

де для цільних розвірток $G = 1$.

$$z = 1.5 \cdot \sqrt{15} + 1 = 6,8 \text{ зуб.}$$

Приймаємо кількість зубців розвіртки $z = 8$ зубів.

Кутові кроки ω для розвірток стандартизовані і вибираються за даними таблиць залежно від числа зубців. Кутові кроки ω показані на рис. 3.8.

Передній кут γ приймаємо для чистової розвіртки $\gamma=0^\circ$, задній кут вибираємо в залежності від матеріалу деталі і приймаємо в межах $6\dots 10^\circ$.

Головний кут в плані для оброблення сталі становить $12\dots 15^\circ$. Заточування зубців на різальній частині проводимо до загострення, а на калібрувальній частині залишаємо невелику стрічку шириною $f = 0,05\dots 0,3$ мм залежно від розміру розвіртки.

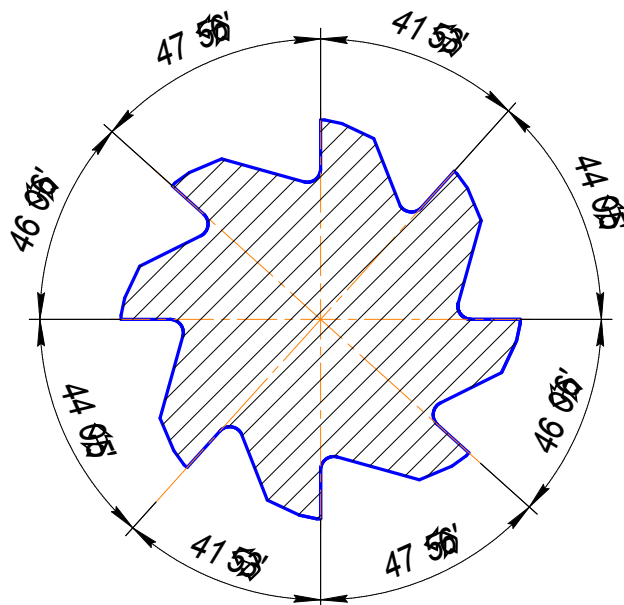


Рисунок 3.8 - Кутовий крок для зубів розвіртки

Креслення розвіртки представдене у графічній частині дипломної роботи.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Підвищення зносостійкості свердел, виготовлених із швидкорізальної сталі, нанесенням покриттів

Застосування різального інструмента з покриттям найбільш ефективно при виконанні чистових і напівчистових операцій, коли навантаження на різальну частину інструмента відносно невелике. При значних навантаженнях ефект від застосування покриттів знижується. До інструментів, що працюють у важких умовах, належать, наприклад, свердла. Внаслідок несприятливого співвідношення значень заднього і переднього кутів по довжині головних різальних крайок і від'ємного значення переднього кута різальної частини свердла відбувається пластична деформація зрізаного шару, що пов'язано із збільшенням енергетичних затрат на його руйнування. Це призводить до зростання теплових навантажень в різальній частині інструменту. За таких умов є велика імовірність зниження пластичності та жорсткості різальної частини свердла, що може викликати інтенсивне крихке руйнування нанесеного покриття.

За останній період розроблена методика нанесення покриттів на свердла з швидкорізальних сталей, яка передбачає зміцнення різальної частини шляхом хіміко-термічного оброблення, наприклад, азотуванням, що стимулюється газовим розрядом, і нанесення багат шарового композиційного покриття шляхом комбінованого іонно-плазменного оброблення (КІПО). В результаті на робочих поверхнях свердла формується зносостійкий комплекс (ЗК).

На основі аналізу взаємозв'язків таких факторів як фізико-механічні властивості швидкорізальної сталі (на прикладі сталі Р6М5), умов експлуатації свердел і причин їх відмов сформульовані наступні робочі гіпотези, що потребували додаткових досліджень [13]:

1. Для підвищення довговічності ЗК на контактних ділянках свердла, що інтенсивно зношуються внаслідок підвищеної схильності швидкорізальної сталі (субстрату) до термопластичної деформації і в'язкого руйнування, а також внаслідок концентрації небезпечних напружень на межі ЗК-субстрат, потрібно між субстратом і ЗК сформувати зміцнювальний (термостабілізуючий) шар, який сприяв би зростанню міцності і жорсткості ріжучого клину.

2. Для забезпечення надійного функціонування ЗК необхідно визначити зв'язки параметрів, що характеризують властивості субстрату, зміцнювального шару і ЗК.

3. Для збільшення міцності адгезійного зв'язку ЗК і субстрату слід передбачити проміжний прошарок, який має значну фізико-хімічну активність.

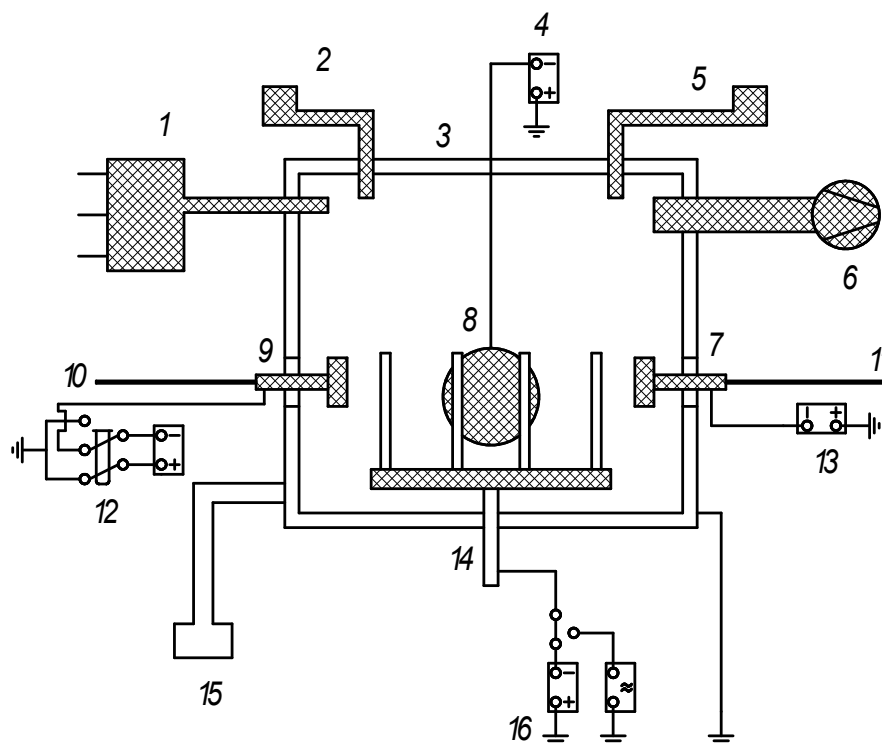
На основі вказаного підходу була створена методика комбінованої поверхневого іонно-плазменного оброблення, розроблене обладнання і технологія його реалізації. Згідно робочих гіпотез ЗК має складатися із зміцнювального шару, адгезійного прошарку і зносостійкого покриття, яке може бути багат шаровим, композиційним або багат шаровим-композиційним. Кожен із елементів ЗК виконує визначені для нього функції.

Зміцнювальний шар сприяє зростанню пластичної міцності і жорсткості ріжучого клину, що зменшує імовірність крихкого руйнування покриття. Крім того, цей шар компенсує різницю властивостей матеріалів покриття і субстрату, що підвищує теплостійкість приповерхневих шарів останнього, яка знижує імовірність їх ослаблення в процесі експлуатації свердла.

Для формування зміцнювального шару була використана установка, розроблена на основі модернізованого вакуумно-дугового агрегату ННВ.6.6-И4 з дуговими джерелами низькоенергетичної газової (азотної) плазми, що активується електричним розрядом. Вона обладнана спеціальним джерелом іонів, яке може бути прискорювачем плазмового потоку, слугувати генератором електронів для термічної активації поверхонь інструмента або джерелом високоіонізованого газу для хіміко-термічного оброблення (ХТО). Установка дозволяє: проводити термоактивацію поверхні з допомогою електронів;

виконувати іонне очищення поверхні середньоенергетичними іонами газометалевої плазми; здійснювати ХТО; синтезувати одношарове, двошарове, багатшарове, композиційне або багатшарове-композиційне покриття, керувати його параметрами і структурою з допомогою іонних пучків, забезпечуючи при цьому сепарацію мікрокапельної складової і повне гасіння мікродуг; формувати ЗК багатоцільового призначення.

Принципова схема такої установки наведена на рисунку 4.1.



1 – газозмішувач; 2 – вакуумметр; 3 – вакуумна камера; 4 – джерело живлення прискорювача сепаратора; 5 – система контролю температури; 6 – вакуумна система; 7 і 9 - дугові випаровувачі; 8 – джерело сепарованої плазми; 10 і 11 – системи охолодження випаровувачів; 12 і 13 джерела електроживлення випаровувачів; 14 – поворотний стіл для розміщення інструменту; 15 – система нагрівання і охолодження камери; 16 – джерело імпульсного подавання напруги на інструмент

Рисунок 4.1 - Принципова схема універсальної вакуумно-дугової установки

При обробленні свердел із сталі Р6М5 низькоенергетичною азотною плазмою протягом 20...40 хвилин за температури 400...450°C на їх поверхні формується зміцнювальний шар глибиною 10...100 мкм і твердістю $11 \cdot 10^5$ МПа з теплостійкістю на 20...50°C вище теплостійкості сталі Р6М5 у вихідному стані.

Розроблена технологія КІПО свердел із швидкорізальних сталей включає в себе наступні процеси: електронне нагрівання (термічну активацію); очищення поверхні іонами нейтральних газів (наприклад, аргону); іонне азотування (формування зміцнювального шару); очищення поверхні іонами металів (Ti, Cr, Zr та інші); формування адгезійного прошарку; конденсацію покриття; охолодження в камері.

Розділення процесів нагрівання і очищення свердел від забруднюючих плівок дозволяє нагрівати інструмент до оптимальної температури без загрози електроерозійного ушкодження різальних крайок і очищувати його за оптимальної дози опромінення (до 10^{19} іон/см²).

Вплив тиску p і напруги U при іонному азотуванні на показник зношування h_z свердел по задній поверхні досліджували шляхом двофакторного експерименту при допущенні, що час азотування є випадковим фактором (див. рис. 4.2 і 4.3).

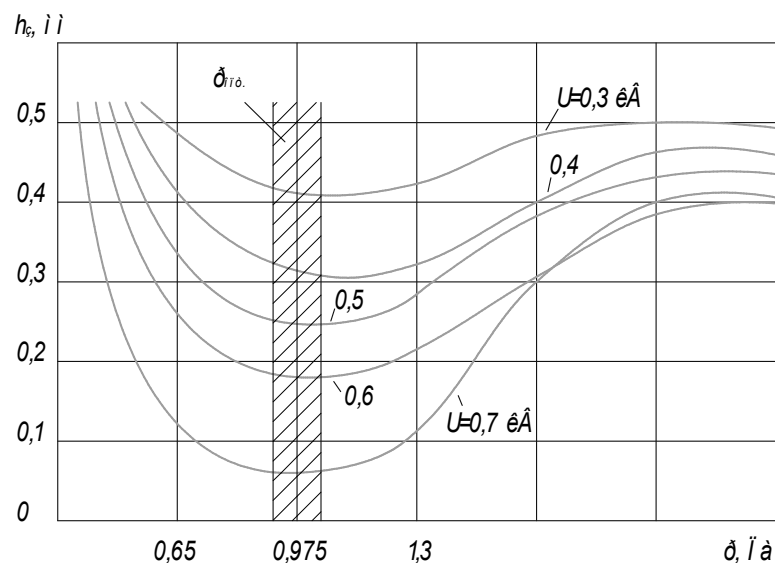


Рисунок 4.2 - Залежності зношування h_z по задній поверхні від тиску p і напруги U при іонному азотуванні

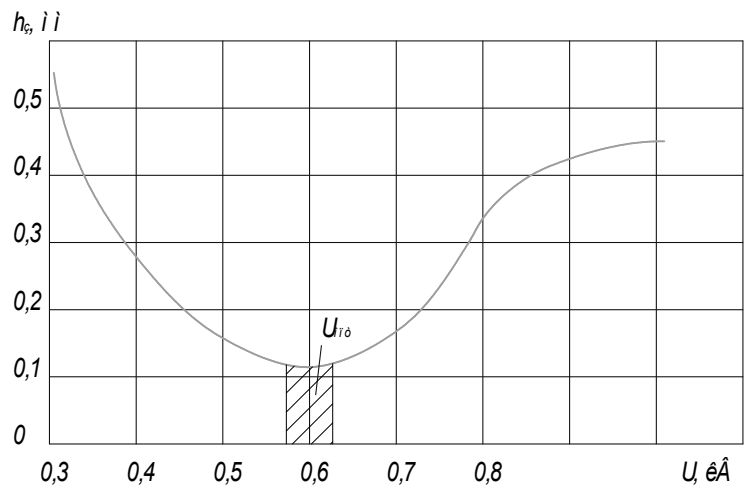


Рисунок 4.3 - Залежність зношування h_z по задній поверхні від напруги U при оптимальному тиску p

Згідно результатів досліджень отримали математичну модель процесу азотування:

$$F(h_z) = 1 - \exp[-h_z / (2,46 \cdot 10^{-7} p^{-1,24} U^{-21,1})]^{6,2}, \quad (4.1)$$

де h_z – зношування по задній грані, мм;

p – розрідження, Па;

U – напруга, кВ.

З допомогою цієї моделі були визначені оптимальні значення тиску $p_{\text{опт}} = 0,975$ Па і напруги $U_{\text{опт}} = 0,6$ кВ при часі азотування $T = 20$ хв.

На підтвердження ефективності застосованого зміцнення методом КІПО були проведенні випробовування свердел \varnothing 6 мм із сталі Р6М5 без покриття та із зміцненням зносостійким комплексом (ЗК) при обробленні чавуну марки ВЧ 50-2 (НВ 240 од.) за швидкості різання 35 м/хв. і величини подачі $s = 0,1$ мм/об без охолодження. Результати випробувань наведені на рисунку 4.4. Із наведеного видно, що інтенсивність зношування свердел із ЗК значно менша, ніж у свердел без покриття.

В результаті випробувань були отримані наступні залежності зношування свердел по задній поверхні:

для свердел без покриття:

$$F(h_3)=1-\exp[-h_3/(1,43 \cdot 10^{-11} t^{-1,34} s^{-0,8} \cdot n^{2,97} \cdot T^{1,39})]^{4,61}; \quad (4.2)$$

для свердел із ЗК:

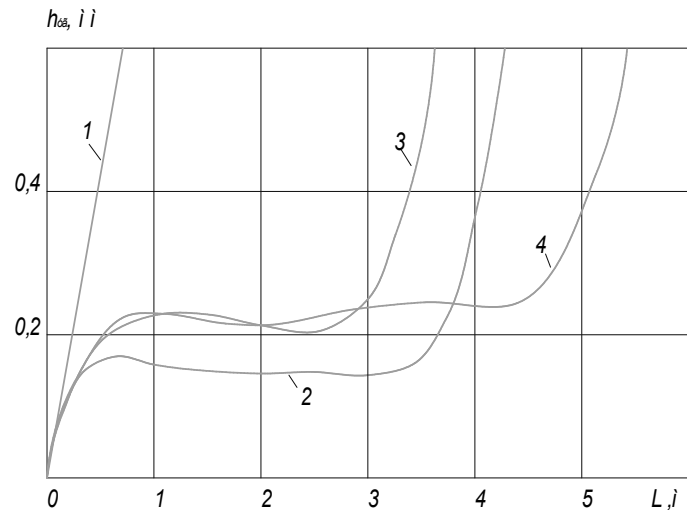
$$F(h_3)=1-\exp[-h_3/(3,65 \cdot 10^{-11} t^{-1,19} s^{-0,7} \cdot n^{2,68} \cdot T^{1,27})]^{3,93}, \quad (4.3)$$

де t – глибина різання, мм;

n – частота обертання свердла, об/хв.;

T – час різання, хв.

Залежності (4.2) і (4.3) відрізняються від попередніх тим, що враховують час різання. Як видно із збільшенням часу T опір свердел зношуванню зменшується. Із формул (4.2) і (4.3) слідує, що зношування свердел із ЗК при рівних умовах приблизно у 2 рази менший, ніж у свердел без покриття [14].



1 – свердло без покриття; 2- з покриттям TiN; 3 – з покриттям Ti+TiN; 4 – з покриттям Cr+(Ti,Cr)N

Рисунок 4.2 - Залежності зношування h_{yz} вершини різальної частини свердел \varnothing мм від довжини L шляху різання

4.2 Результати досліджень, виконаних самостійно чи з літературних джерел, які можуть бути використані у дипломній роботі

За результатами аналізу цих проведених досліджень можна зробити висновок, що найкраще значення зносостійкості при комбінованому іонно-плазмовому обробленні досягається за наступних режимів: тиск $p_{omt}=0,975$ Па і напруга $U_{omt}=0,6$ кВ і час азотування $t=20$ хв.

Дані проведених випробувань свердел показують, що стійкість інструменту, зміцненого покриттям за вказаними вище режимами, зростає в середньому в 2...2,5 разів, що свідчить про доцільність використання запропонованого методу нанесення зносостійких покриттів інструменту із швидкорізальних сталей, що широко застосовуються в машинобудуванні.

Так як конструкція деталі «Корпус проміжний КП.028.224.015» передбачає наявність значної кількості отворів, які потрібно обробляти свердлами, то застосування зміцнювальної технології для інструменту сприятиме зменшенню їх витрати, що у свою чергу зменшить собівартість механічного оброблення деталі.

На жаль область застосування даного методу обмежена, так як установки для іонного азотування є дорогими і малодоступними для підприємств.

5. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Пожежна безпека на машинобудівній дільниці [15,16]

Пожежа - неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, яке призводить до матеріальної шкоди.

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, а також невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована. Воєнізована охорона створюється на об’єктах з підвищеною небезпекою. Крім того на підприємствах для посилення пожежної охорони організуються добровільні пожежні дружини і команди, добровільні пожежні товариства і пожежно-технічні комісії з числа робітників та службовців. При Міністерстві внутрішніх справ існує управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд який здійснює:

Контроль за станом пожежної безпеки

Розробляє і погоджує протипожежні норми і правила та контролює їх виконання в проектах і безпосередньо на об’єктах народного господарства

- Проводить розслідування і облік пожеж

- Організовує протипожежну профілактику.

Протипожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, які спрямовані на здійснення безпеки людей, на попередження пожеж, локалізацію їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій на підприємстві є головний інженер. Начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт по її ліквідації.

Протипожежні вимоги до будинків і споруд

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із ОНТП 24-86 “Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п’ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

До категорії А належать приміщення, де перебувають спалимі та легкозаймісті рідини з температурою спалаху, що не перевищує 28°C, а також речовини і матеріали здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем або одне з одним; при утворенні вибухонебезпечних сумішей розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 КПа.

До категорії Б належать приміщення, в яких є пил та волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху понад 28°C та спалимі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні та пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 КПа.

До категорії В належать приміщення, де перебувають спалимі та важкоспалювальні рідини, тверді спалимі та важкоспалювальні речовини та матеріали (в тому числі пил і волокна), а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря та одне з одним тільки горіти (за умови, що ці приміщення не відносяться до категорії А чи Б).

До категорії Г належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також спалимі

гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо; процес їх обробки супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я.

До категорії Д належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали у холодному стані.

На розвиток пожежі у приміщеннях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу тепла, тобто їх вогнестійкість.

Засоби та способи гасіння пожежі

Пожежу, яка виникла можна ліквідувати, якщо забрати один з трьох факторів необхідних для горіння: горючу речовину, окислювачі, джерело тепла.

Існують два способи гасіння пожеж: фізичний та хімічний.

До фізичних способів припинення горіння відносяться:

- охолодження зони горіння або горючих речовин;
- розбавлення реагуючих речовин в зоні горіння негорючими речовинами;
- ізоляція реагуючих речовин від зони горіння.

Хімічний спосіб припинення пожежі – це хімічне гальмування реакції горіння. До основних засобів гасіння пожежі (з допомогою яких здійснюється той чи інший спосіб припинення горіння) відносяться:

- вода (у вигляді струменя або у розпиленому стані);
- інертні гази (вуглекислий газ, азот);
- піни хімічні та повітряно-механічні;
- порошкові суміші;
- покривала з брезенту та азбесту.

Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів загорянь, особливостей горіння речовин та матеріалів.

Воду застосовують у вигляді потужних струменів і як пару. Струменем води збивають полум'я і одночасно охолоджують поверхню. Струменем води гасять тверді спалимі речовини; дощем і водяним пилом – тверді, волокнисті сипучі речовини, а також легкозаймисті та спалимі рідини (спирт, трансформаторна олія,

тощо). Водяна пара застосовується для гасіння пожеж у приміщеннях об'ємом до 500 м³ невеликих загорянь на відкритих установках.

Для гасіння пожеж всередині будівель, крім пожежних кранів встановлюються автоматично діючі спринклерні або дренчерні установки. Спринклерна установка водяної системи являє собою розгалужену мережу труб під стелею зі спринклерними головками (розбризкувачами), які закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141, 182 °С. Установки мають контрольний клапан, який пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапану.

Дренчерні установки обладнуються розбризкувальними головками, які постійно відкриті. Вода подається в дренчерну систему вручну або автоматично при спрацюванні пожежних датчиків, які відкривають клапан групової дії.

Інертні гази (вуглекислота, азот, аргон та інші) особливо доцільно застосовувати тоді, коли застосування води може викликати вибух або поширення горіння, або ж пошкодження апаратури, обладнання, цінностей.

Первинні засоби гасіння пожежі:

- внутрішні пожежні крани;
- відра, кошми, лопати, пісок;
- вогнегасники.

Пінний вогнегасник ОХП-10 складається із зварного сталевого корпусу, який містить лужний розчин соди з лакричним екстрактом. Всередині встановлено поліетиленовий посуд з сумішшю сірчаної кислоти та сульфату заліза. При змішуванні кислотного і лужного розчинів утворюється піна. Цей вогнегасник можна застосовувати для гасіння твердих речовин та легкозаймистих рідин з відкритою поверхнею. Піна електропровідна, тому цим вогнегасником не можна гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою.

Вогнегасники вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5 складаються із сталевого балону з запірним вентилям. Балон заповнений зрідженою вуглекислотою під тиском 7 МПа. При відкриванні вентиля зріджена вуглекислота прямує у патрубков, де вона

розширюється і за рахунок цього її температура знижується до мінус 70°C і утворюється снігоподібна вуглекислота. Ці вогнегасники застосовують для гасіння невеликих пожеж, електрообладнання, що знаходиться під напругою. Не можна гасити спирт і ацетон, котрі розчиняють вуглекислоту, а також фотоплівку, целулоїд, котрі горять без доступу повітря.

Порошкові вогнегасники ОП-1, ОП-5, ОП-10 та інші – це поліетиленові балончики, які містять фосфорно-амонійні солі, карбонат натрію. Застосовуються для гасіння магнію та його сплавів, лужних металів алюмінію, металоорганічних сполук, а також тоді коли не можна гасити пожеж водою, піною або вуглекислим газом.

5.2 Техніка безпеки при підніманні та зніманні деталей з верстатів [15]

У машинобудуванні широко використовується підйомно-транспортна техніка: мостові і козлові крани, ліфти, автотранспортувачі, засоби малої механізації (конвеєри, талі, лебідки, мотовізки, блоки, домкрати).

Безпека праці при підйомі і переміщенні вантажів в значній мірі залежить від конструктивних особливостей підйомно-транспортних машин і відповідності їх правилам і нормам Держміськтехнагляду України. Всі частини, деталі і допоміжні пристосування підйомних механізмів відносно виготовлення, матеріалів, якості зварки, міцності пристрою, установки, експлуатації повинні задовольняти відповідним технічним умовам, загальнодержавним стандартам, нормам і правилам. При експлуатації підйомно-транспортних машин слід захищати всі доступні рухомі або такі, що обертаються частини механізмів. Необхідно виключати непередбачений контакт тих, що працюють з переміщуваними вантажами і самими механізмами при їх пересуванні, а також забезпечити відмінну міцність механізмів, допоміжних, вантажозахватних і строповочних пристосувань.

Для забезпечення безпечної експлуатації підйомно-транспортні машини забезпечують засобами захисту, включаючи системи дистанційного керування.

Для дистанційного керування підйомно-транспортними машинами застосовують електричні слідкуючі системи (стаціонарний пульт управління) і радіоуправління (управління з різних місць). Інспекція Держміськтехнагляду України і адміністрація підприємства встановлюють постійний нагляд за станом вантажопідйомних пристроїв, канатів, ланцюгів, змінних вантажозахватних органів (крюків, вантажопідйомних електромагнітів тощо знімних вантажозахватних пристосувань (стропів, кліщів, траверз і тари (контейнерів, ковшів тощо), доглядом за ними і безпекою експлуатації. Зокрема, правилами Держміськтехнагляду України передбачається проведення регламентованих випробувань вантажопідйомних машин, що представляють з погляду охорони праці в машинобудуванні найбільшу небезпеку серед всіх підйомно-транспортних машин.

Заново встановлені вантажопідйомні машини мають бути підготовлені до запуску в роботу повним технічним оглядом. Вантажопідйомні машини, що знаходяться в роботі, повинні піддаватися періодичному технічному огляду; частковому - не рідше за один раз на рік; повному - не рідше за один раз на три роки, за винятком рідко використовуваних. Можливий позачерговий повний технічний огляд вантажопідйомної машини (після монтажу на новому місці, реконструкції, зміни крюка, ремонту металевих конструкцій вантажопідйомної машини із заміною розрахункових елементів тощо). При повному технічному огляді вантажопідйомна машина має підлягати огляду, а також статичному і динамічному випробуванню. При частковому технічному огляді статичні і динамічні випробування не проводяться.

Огляд супроводжується перевіркою роботи механізмів і електроустаткування, гальм і апаратури керування, освітлення і сигналізації, приладів безпеки і габаритів, що регламентуються.

Мета статичних випробувань - перевірка міцності металевих конструкцій вантажопідйомних машин і стійкості проти перекидання (для стріловидних кранів). Статичні випробування кранів проводять навантаженням, що на 25% перевищує його нормативну вантажопідйомність. Кран встановлюють над

опорами шляхів кранів, а його візок - в положення, що відповідає найбільшому прогину. При стріловидному крані стріла встановлюється щодо ходової платформи в положення, відповідне найменшій стійкості крана. Крюком або замінним пристроєм захоплюється вантаж і піднімається на висоту 200...300мм (при стріловидному крані – 100...200мм) з подальшою витримкою часу в такому положенні протягом 10хв. Після закінчення витримки у 10 хв. вантаж опускають і перевіряють наявність або відсутність залишкової деформації моста крана (при стріловидних кранах вантаж не має опуститися на землю, не повинні з'явитися тріщини і деформації).

Динамічне випробування вантажопідйомних машин проводиться вантажем, що на 10% перевищують нормативну вантажопідйомність машини, і має на меті перевірку дії механізмів вантажопідйомної машини та їх гальм. Допускається динамічне випробування здійснювати робочим вантажем. При динамічному випробуванні проводять повторний підйом і опускання вантажу.

При технічному огляді сталеві канати бракують по числу обривів дроту на довжині одного кроку звивання каната, при цьому враховується їх конструкція, ступінь зношування або корозії, призначення, співвідношення діаметра блоку, що огинається канатом, до діаметра останнього. При виявленні обірваного пасма канат до експлуатації не допускають.

Всі канати і ланцюги, які були вживані на підйомно-транспортних машинах, перевіряють на відповідність умові $P/N \geq k$, де k - коефіцієнт запасу міцності; P - розривне зусилля; N - натягнення каната або ланцюга. При розрахунку строп, призначених для підйому вантажів з обв'язуванням або зачіпкою крюками, кільцями або сержками, коефіцієнт запасу міцності канатів повинен прийматися не менше 6.

Якщо натягнення строп із сталевих канатів або ланцюгів не має перевищувати відомої величини, то максимально допустиму масу вантажу можна розрахувати як $G_{\max} \leq k \cdot N / C$. Значення коефіцієнта k визначають за кутом α між канатом і вантажем (див. рис. 5.1):

α	0°	30°	45°
k	1	1,15	1,42

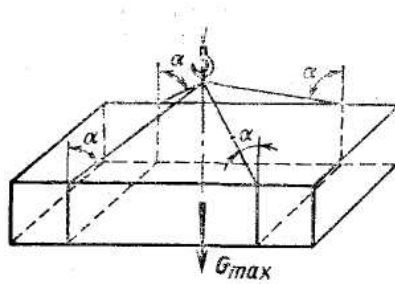


Рисунок 5.1 – Схема натягнення стропувальних канатів

Вантажозахватні пристрої і тару до запуску в роботу піддають огляду, причому перші, окрім того, випробовуються навантаженням, що перевищує на 25% їх номінальну вантажопідйомність. Випробувані допоміжні вантажозахватні пристрої забезпечують бирками і клеймами, без наявності яких їх не допускають до використання.

Важливе значення для безпеки роботи підйомно-транспортних машин має виконання основних вимог при проведенні такелажних робіт: при кантуванні вантажу необхідно використовувати спеціальні пристрої (рим-болти), проушини; центр тяжіння вантажу, що піднімається, має знаходитися посередині між захопленнями строп; стропувальні канати необхідно розташовувати на вантажі, що піднімається, рівномірно, без вузлів і перекручувань; стропувальний трос слід відокремлювати від гострих кромки і ребер вантажу прокладками (дошки, гума і т.п.); сплетіння вантажних канатів не допускається; при проведенні такелажн их робіт має застосовуватися оперативна сигналізація.

Для забезпечення безпеки експлуатації підйомно-транспортних машин застосовують: кінцеві вимикачі, механізми підйому крюка, що автоматично відключаються, або механізми блокування пересування крана при підході до крайніх положень, кінцеві упори для запобігання переходу переміщуваних підйомних механізмів за рейкові шляхи, обмежувачі вантажопідйомності, що оберігають кран від перевантаження шляхом вимкнення механізму підйому;

пристрої, що запобігають зісковзуванню канатів з крюка; буферні пристрої, які амортизують поштовхи при зіткненні із сусідніми кранами та іншими об'єктами; звукову і світлову сигналізацію, що застерігає про настання небезпечного моменту при роботі крана; блокувальні пристрої для автоматичного вимкнення незахищених тролейних проводів при виході людини з майданчика, сходи, галереї, з яких можливий випадковий дотик до тролейних проводів; гальмівні і утримуючі пристрої (уловлювачі).

Кінцеві вимикачі механізму пересування встановлюють так, щоб вимкнення приводу відбувалося на відстані до упору, рівному не менше половини шляху гальмування механізму. При встановленні обмежувачів ходу на механізмі пересування для попередження зіткнення двох кранів, що працюють на однорельсовому шляхопроводі, ця відстань може бути зменшена удвічі. Кінцеві обмежувачі використовують в конструкціях мостових електричних кранів, а також на телях і електролебідках.

Щоб уникнути зіскакування вантажу з крюка (при його ослабленні) рекомендується застосовувати крюки, що мають запобіжні скоби.

Для врахування дії вітрових навантажень підйомно-транспортні машини забезпечують автоматичними приладами вітрової сигналізації і захисту від вітрових навантажень.

З інших запобіжних засобів слід зазначити зупини і уловлювачі. Вони призначені для утримання піднятого вантажу навіть за наявності самогальмівних систем. Найбільш поширеними типами зупинів і уловлювачів є храпові, роликові, відцентрові, клинові і ексцентрикові механізми.

5.3. Виробнича естетика [15,16]

Освітлення та кольорове оформлення приміщення при правильному вирішенні та вдалому поєднанні сприятливо впливають на підвищення продуктивності праці та зниження кількості і ступеня важкості травм. Гра світла і тіні дає людині можливість оцінити об'ємність предметів, їх забарвлення.

Психологічний вплив кольорів дуже різноманітний. Розрізняють теплі та холодні кольори. Теплі кольори – червоний, жовтий, оранжевий та їх відтінки – викликають психологічне відчуття тепла, збуджують та хвилюють. Це активні, динамічні кольори, що стимулюють діяльність людини, призводять до короткочасного підвищення продуктивності праці. Віддалені предмети, що пофарбовані в такі кольори, здаються ближчими. Холодні кольори – зелений, синій, синьо-зелений та їх відтінки – викликають психологічне відчуття холоду, заспокоюють, полегшують напруження очей. Це пасивні кольори, які сприяють зосередженості та збереженню постійності продуктивності праці, а також створюють відчуття більшого простору.

Гамму всіх кольорів поділяють на три групи:

- оптимальні кольори;
- субоптимальні (допоміжні);
- запобіжні (кольори техніки безпеки).

В першій групі хроматичні кольори є слабо насиченими з високими коефіцієнтами відбиття. Вони призначені для фарбування основних поверхонь (стель, стін, обладнання), створюючи при цьому основну кольорову характеристику приміщення.

Кольори другої групи призначені для фарбування окремих частин основних поверхонь, що необхідно виділити з загальної поверхні або акцентувати увагу на певному кольорі (сітки огорожень, різні обрамлення).

Кольори третьої групи відносяться до сильно насичених з низьким коефіцієнтом відбиття. Вони призначені для фарбування окремих предметів або частин обладнання, транспортних засобів, сигналів небезпеки, пожежонебезпечного або протипожежного обладнання, засобів охорони праці, засобів інформації.

Основні правила кольорового оформлення приміщень:

- в будь-якому виробничому приміщенні має бути світло;

- стіни та стеля повинні бути пофарбовані у світлі тони (жовті, оранжеві, світло-червоні) при відносно невеликій насиченості та високому коефіцієнті відбиття;

- використання контрастів між теплими та холодними тонами (якщо стіни пофарбовані в теплі тони, то обладнання має бути пофарбоване в холодні, і навпаки);

- в заставлених обладнанням та невеликих за площею приміщеннях необхідно витримувати рівновагу між теплими та холодними тонами.

Фарбування робочих поверхонь виконують поєднанням кольорів, що дозволяють створити найкращі зорові умови для виконання операцій. Для зменшення негативного впливу монотонності виробництва або одноманітності фарбування інтер'єру слабконасиченими кольорами доцільно застосовувати насичені кольорові плями на стінах чи обладнанні. При виборі поєднань кольорів в приміщеннях враховують взаємодію усіх елементів: стін, стелі, несучих конструкцій, обладнання, одягу працівників, освітлення. Також кольорове вирішення повинно відповідати кліматичному розташуванню та орієнтації за сторонами світу.

Колір впливає на якість сприйняття готового виробу. Темні кольори, що створюють ефект важкості, використовуються для фарбування фундаментів, несучих конструкцій, у деяких випадках станин. Вони як би підкреслюють їх призначення, функції. Однак, машини, що повністю пофарбовані у темні тони, поглинають багато світла та створюють фон, який утруднює розрізнення контурів виробів при виконанні точних операцій.

Яскраві кольори (жовтий, червоний) викликають враження напруженості, тривоги. В той же час вони сприяють появі відчуття тепла завдяки асоціації з сонячним світлом. Світлі тони використовують для зниження враження масивності. Якщо частина машини нависає над головою працівника, її фарбують в блідо-блакитний колір, створюючи враження віддалення (асоціація з небом).

Найкраще фарбувати обладнання в світло-сірі, світло-зелені, блакитно-зелені тони, так як їм притаманні високі коефіцієнти відбиття (60%) і вони

створюють враження прохолоди. Крім того, обладнання фарбують таким чином, щоби створити деякий кольоровий контраст між окремими його частинами. Такий метод фарбування сприяє підвищенню видимості та чіткості робочих деталей, а отже і зростанню продуктивності праці. Однак занадто різкі контрасти ведуть до втоми очей, тому їх уникають. Особливо важливо не фарбувати великі площини в яскраві кольори.

Внутрішні поверхні корпусних деталей фарбують у світлі тони, так як це полегшує збирання, контроль та регулювання механізму, що зібраний в корпусі. Внутрішні частини панелей, люків фарбують в яскраві кольори для того, щоби вони чітко виділялись у відкритому положенні.

Мобільні пристрої (транспортна техніка) мають чітко виділятися на загальному фоні. Для привернення до них максимальної уваги необхідні сильні контрасти, такі як чорні та жовті смуги на передніх та задніх частинах машини.

При фарбуванні стін, стель та підлог уникають темних кольорів, так як вони викликають небажані контрасти з яскраво освітленим робочим місцем та світло пофарбованим обладнанням і приводять до швидкого стомлення. Світлі ж тони відбивають більше падаючого світла, викликають більш сприятливе враження. Однак для фарбування стін не використовують чисто білі фарби, так як в результаті цього стіни можуть виявитись світлішими за робоче місце і викликати відносно засліплення.

Для фарбування стін використовують світло-зелені, світло-блакитні або світло-жовті кольори. Якщо необхідно нижню частину стіни пофарбувати в темний колір, то висота панелі не повинна перевищувати 1...1,5 м.

Біла стеля знаходиться вище поля зору і не викликає засліплення. Вона відбиває багато світла, завдяки чому підвищується освітленість робочого місця.

Для фарбування підлоги застосовують світлі тони, так як підлоги сильно відбивають світло.

Сигнальні кольори та знаки безпеки призначені для привернення уваги працюючих до безпосередньої небезпеки, попередження про можливу небезпеку,

припису та дозволу певних дій з метою забезпечення безпеки, а також для необхідної інформації.

Сигнальні кольори застосовують для знаків безпеки поверхонь конструкцій, пристроїв та елементів обладнання, які можуть бути джерелом небезпеки для працюючих, поверхонь огорож та інших захисних пристроїв, а також пожежної техніки. Знаки безпеки встановлюють на території установ, у приміщеннях, на робочих місцях, ділянках робіт та обладнанні.

Сигнальні кольори:

- червоний (заборона, безпосередня небезпека, позначення пожежної техніки);
- жовтий (попередження, можлива небезпека);
- синій (припис, знаки пожежної техніки, інформація);
- зелений (безпека, знак “Виходити тут”).

Червоний колір застосовується для:

- позначення пристроїв вимкнення механізмів, в тому числі аварійних;
- внутрішніх поверхонь кришок (дверцят) шаф з відкритими струмопровідними елементами та електрообладнання;
- позначення різних видів пожежної техніки або її елементів (пожежні машини, вогнегасники, балони та пускові пристрої установок вогнегасіння);
- сигнальних ламп, що сповіщають про порушення технологічного процесу або умов безпеки;
- обрамлення щитів білого кольору для кріплення пожежного інструменту.

Жовтий сигнальний колір застосовується для:

- елементів будівельних конструкцій, які можуть виявитись причиною травмування: низьких балок, малопомітних сходів, пандусів, місць, в яких є небезпека падіння (негороджені площадки, люки);
- елементів обладнання, необережне поводження з якими є небезпечним: відкритих рухомих частин, огорожувальних конструкцій площадок для робіт на висоті;

- постійних чи тимчасових огорож на границях небезпечних зон;

- позначення площ, які з метою оперативної евакуації повинні бути завжди вільними.

Синій колір застосовується для:

- знаків припису;
- вказування місцезнаходження пунктів медичної допомоги, пожежних постів, вогнегасників, складів, майстерень.

Зелений колір застосовується для:

- світлових табло евакуаційних виходів;
- сигнальних ламп, що сповіщають про нормальний режим роботи машин.

ВИСНОВКИ

У відповідності з темою дипломної роботи, за мету якої ставилось завдання удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу проміжного КП.028.224.015 з використання верстатів з ЧПК в розробленому новому варіанті технологічного процесу механічного оброблення як технологічне обладнання були використані верстати, які дозволяють вести оброблення на високопродуктивних режимах. Окрім того було застосовано укрупнення технологічних операцій, за рахунок чого за одну установку можна проводити оброблення декількох поверхонь, що дозволить уникати похибок встановлення деталей при обробленні. Впровадження високопродуктивного устаткування в умовах серійного виробництва є єдиним можливим варіантом підвищення якості оброблюваної деталі, а також зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з оброблення однієї поверхні на іншу, зміною інструмента, що, зазвичай, має місце при послідовній схемі оброблення декількох поверхонь на універсальних верстатах. Значним внеском у вдосконалення технології виготовлення заданої деталі є застосування вертикально-свердлувального верстата з ЧПК моделі 2P135Ф2, так як досягнення потрібної точності міжосьових відстаней великої кількості отворів на іншому обладнанні було проблематичним.

Застосування верстатних та контрольних пристроїв, які були спроектовані в процесі підготовки дипломної роботи, теж сприятиме підвищенню точності оброблення та зменшенню допоміжного часу, а, отже, і продуктивності праці робітників. А проектування спеціального інструменту (у нашому випадку розвртки для остаточного оброблення отвору $\text{Ø}15\text{H}7$) підтверджує, кваліфікація інженера-механіка машинобудівного підприємства має бути різносторонньою. Про це також свідчать наведені матеріали дослідницького розділу дипломної роботи щодо використання зміцнювальних технологій для інструменту.

Належна увага в дипломній роботі приділялась також заходам із безпеки життєдіяльності – пожежній безпеці, безпеці при роботі завантажувально-розвантажувальних засобів, а також промисловій естетиці.

Кожен інженер-механік повинен грамотно враховувати кращі вітчизняні та зарубіжні стандарти, оцінювати, чи не застаріла конструкція і технологія, яку створюють, чи доцільна вона для впровадження у виробництво. Виконання дипломної роботи магістра у значній мірі сприяє успішному виконанню цих завдань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Магістерська випускна робота : методичні рекомендації щодо її підготовки, оформлення та захисту для магістрантів спеціальностей “Технології машинобудування”, “Інструментальне виробництво” та “Металорізальні верстати та системи”/ А. І. Гордєєв, Є. А. Урбанюк, Ю. В. Савицький, В. П. Ткачук. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – 30 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
4. Руденко П.О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин: навчальний посібник / Руденко П.О., Харламов Ю.Ю., Шустик О.Г. – К.: ІСДО, 2017. – 304 с.
5. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / [М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура.] – 3-е вид.перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.
6. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник. / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 371с.
7. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М. П. Ревнівцев, Н. П. Паршина. – К.: Видавництво А.С.К., 2006. - 416 с.
8. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.

9. Гордєєв А.І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ, 2013. 159 с., іл.

10. Технологічна оснастка : навчальний посібник / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 140с.

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

12. Мазур М.П., Милько В.В. Розрахунки і конструювання розвірток. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Металорізальні інструменти та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва» для студентів спеціальності «Прикладна механіка». Електронні матеріали MOODLE ХНУ.

13. Чекалова Є.А. Підвищення ефективності свердел із швидкорізальної сталі з покриттям. - Верстати та інструменти. - 2001. - №7.

14. Верещака А.С. Основні аспекти застосування і вдосконалення різальних інструментів із зносостійкими покриттями. - Верстати та інструменти. - 2000. - №9.

15. Охорона праці в галузі. Індивідуальні завдання та методичні вказівки до їх розв'язання для студентів інженерних спеціальностей. Г.С. Калда, О.В. Снозик, А.В. Кирилков. – Хмельницький, 2007. - 40 с.

16. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування. Навчальний посібник (стереотипне видання) Університетська книга. 2023 - 556 с.

ДОДАТКИ

Технологічна документація

Специфікації до складальних креслеників

Керувальна програма для верстата з ЧПК
Операція 035, верстат мод. 2P135Ф2, система ЧПК 2П32-3

%

:001 G61 G81 T01 S10 F14 L01 X+012770 Y-006700 R-000200 Z+009200 M08 LF

N002 X+007700 Y-012200 LF

N003 X+007700 Y-012200 LF

N004 X-007700 Y-012200 LF

N005 X-012770 Y-006700 LF

N006 X-011700 Y+006730 LF

N007 X-007700 Y+012200 LF

N008 X+007700 Y+012200 LF

N009 X+012700 Y+006700 LF

N010 X+010900 Y-000480 LF

N011 X+008110 Y-007430 LF

N012 X+001440 Y-010910 LF

N013 X-005910 Y-009280 LF

N014 X-010490 Y-003310 LF

N015 X-011000 Y+000000 LF

N016 X-010160 Y+004210 LF

N017 X-005080 Y+009760 LF

N018 X+002380 Y+010740 LF

N019 G91 X+008730 Y+006700 LF

:020 G61 G91 T02 S10 F15 L02 X+012770 Y+000000 R-000200 Z+009200 M08 LF

:021 G61 G91 T03 S10 F15 L03 X-002412 Y-011346 R-000200 Z+006300 M08 LF

:022 G61 G82 T04 S09 F14 L04 X-002412 Y-011346 R-000200 Z+006300 M08 LF

N023 X+007700 Y-012200 LF

N024 X+007700 Y-012200 LF

N025 X-007700 Y-012200 LF

N026 X-012770 Y-006700 LF

N027 X-011700 Y+006730 LF

N028 X-007700 Y+012200 LF

N029 X+007700 Y+012200 LF

N030 X+012700 Y+006700 LF

N031 X+010900 Y-000480 LF

N032 X+008110 Y-007430 LF

N033 X+001440 Y-010910 LF

N034 X-005910 Y-009280 LF

N035 X-010490 Y-003310 LF

N036 X-011000 Y+000000 LF

N037 X-010160 Y+004210 LF

N038 X-005080 Y+009760 LF

N039 X+002380 Y+010740 LF

N040 G92 X+008730 Y+006700 LF

:041 G61 G94 T06 S09 F14 L05 X-012770 Y+000000 R-000200 Z+007200 M08 LF

N042 M06 LF

:043 G61 G94 T06 S09 F14 L06 X-002412 Y-011346 R-000200 Z+007200 M09 LF

N044 M02 LF

FE₀