

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
«Піввісь ПВ-435-24» із застосуванням верстатів з ЧПК
Назва теми

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «Технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.25.02.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТМ-24-1
Шифр


Підпис

Максим Гуц
Ім'я, Прізвище

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


Підпис

Сергій Бись
Ім'я, Прізвище


Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, Прізвище

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри
технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, Прізвище

Дата « 20 » 12 2025

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

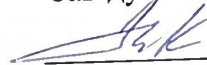
Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

2 . 09 .2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Гуц Максим Юрійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Піввісь ПВ-435-24» із застосуванням верстатів з ЧПК

керівник роботи Бись Сергій Степанович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 р. № 65.

2 Термін подання студентом роботи на кафедру 15 грудня 2025.

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі Піввісь ПВ-435-24 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ

2. Технологічний розділ

3. Конструкторський розділ

4. Дослідницький розділ

5. Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях.

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А1); кресленник заготовки (1 лист А1); графотехнологія (1 лист А1); кресленник РТК (1 лист А1); кресленник верстатного пристрою (2 листи А1); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник контрольного пристрою (1 лист А1).

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 3.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів (розділів) дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|-------------------------------|----------|
| 1 Загальний розділ | 01.10.2025 | |
| 2 Технологічний розділ | 01.11.2025 | |
| 3 Конструкторський розділ | 20.11.2025 | |
| 4 Дослідницький розділ | 10.12.2025 | |
| 5 Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях | 15.11.2025 | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

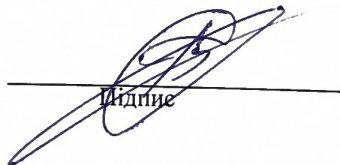
Студент



Підпис

Максим Гуц
Ім'я, Прізвище

Керівник проекту (роботи)



Підпис

Сергій Бись
Ім'я, Прізвище

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проєкт магістра
Максим Юрійович Гуц

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
"Піввісь ПВ-435-24" із застосуванням верстатів з ЧПК

У проєкті Гуц Максима розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Піввісь ПВ-435-24».

У загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форму організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

У технологічному розділі проведено розрахунки величин припусків на поверхні, що обробляються, а також режимів різання та норм часу на виконання операцій.

У конструкторському розділі проведено розрахунки та проєктування верстатного пристрою для фрезерування, обробки отвору, а також одного контрольного пристрою.

У дослідницькому розділі проведено аналіз та рекомендації застосування мастильно-охолоджувальних рідин для верстатів при різних умовах різання.

У розділі охорони праці проаналізовано небезпеки і шкідливі речовини для розробленого технологічного процесу. Організація інструктажу з техніки безпеки для працюючих на ділянці. Виконано природного освітлення.

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК, з використанням у створенні програм керування САМ.


Загальний висновок та оцінка

У записці та в технічній документації містяться деякі неточності.

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на високу оцінку роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому рівні, та заслуговує оцінки «добре».

Рецензент _____
«22» грудня 2025 р.


І. Дробот О.С.

Завідувачу кафедри ТМ
Ткачуку Романію
Гавриловичу
здобувача вищої освіти (студента
ПБ, факультет, «курс», «група»)
Туч Максимом Юрійовичем
ФФТА, ІМТн-24-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

22.12.25р.

дата

Туч

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Розроблення механічного процесу виготовлення деталі "Пікель" № 435-24 у дз.ст. вер. з. 97м.
 Автор Гуц Максим Юрійович
 Освітня програма Технічної механіки будівництва
 Рівень вищої освіти другий (магістр)
 Спеціальність 130 Інженерна механіка
 Науковий керівник: Бісєв Сергій Степанович

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

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

Підтвердження:

..... Strike-Plagiat - 14,9%

..... Anti-Plagiarism - 2,0%

.....

Дата

Завідувач кафедри

Віталій Ткачук
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Віталій Ткачук
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Сергій Бісєв
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

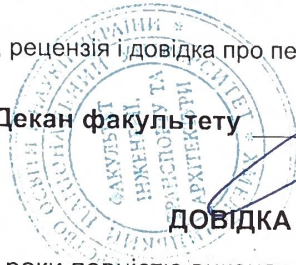
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Гуц Максим Юрійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Піввісь ПВ-435-24» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



(підпис)

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Гуц М.Ю. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 0,00 %, задовільно 100,00.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 6,67 %, С 13,33 %, D 26,67 %, Е 53,33 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Гуц Максим прислав до виконання роботи власну, зробив свої зусилля виконавську роботу на набагато. Роботу виконав у повному обсязі і власно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Відмінно

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

Віктор С. С.

(ім'я, прізвище)

" 22. " 12 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(назва)

В. Пашук

(підпис, ім'я, прізвище)

" 24 " 12 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Піввісь ПВ-435-24» із застосуванням верстатів з ЧПК.

Пояснювальна записка роботи складається з 94 сторінок та додатків зі специфікаціями креслеників, технологічною документацією та програмою для верстата з ЧПК. Графічна частина роботи складається з 10 аркушів формату А1. Відповідно до завдання, було розроблено технологічний процес механічного оброблення для виготовлення піввісі ПВ-435-24 з річною програмою випуску 5 тис. штук.

У пояснювальній записці містяться всі необхідні розрахунки та розділи, що відповідає висунутим вимогам роботи. У загальному розділі проаналізовано технічні умови. Базуючись на функціональному призначенні виробу, типових технологічних процесах та останніх досягненнях у виготовленні подібних виробів розроблено технологічний процес виготовлення заданої деталі.

Розроблено механізовані пристрій із пневмоприводом для закріплення заготовки при фрезеруванні поверхонь та обробці отвору. Також розроблено пристрій для контролю співвісності.

У записці наведено розроблені заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

Автор роботи: Максим Гуц

_____ /Підпис/

16.12.2025 р.

Дата

ANNOTATION

Topic of work: Development of a technological process for manufacturing parts
"Half-axle PV-435-24" using CNC machines.

The explanatory note of the work consists of 94 pages and an appendix with specifications of drawings, technological documentation and a program for a CNC machine tool. The graphic part of the work consists of 10 sheets of A1 format. In accordance with the task, a technological process of mechanical processing was developed for the manufacture of a semi-axle PV-435-24 with an annual production program of 5 thousand pieces.

The explanatory note contains all the necessary calculations and sections that meet the requirements of the work. The general section analyzes the technical conditions. Based on the functional purpose of the product, typical technological processes and the latest achievements in the manufacture of similar products, a technological process for manufacturing a given part has been developed.

A mechanized device with a pneumatic drive has been developed for securing the workpiece during surface milling and hole processing. A device for controlling the alignment has also been developed.

The note lists the developed measures for occupational health and environmental protection.

Author of the work: Maxim Guts

12.16.2025

/Signature/

Date

Зміст

Зміст.

Вступ.

1. Загальний розділ.

- 1.1 Стан питання та постановка задачі дипломного проекту.
- 1.2 Аналіз об'єкта виробництва.
- 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.
- 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.

2. Технологічний розділ.

- 2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу.
- 2.2 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.
 - 2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.
 - 2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки.
- 2.3 Вибір технологічних баз.
- 2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі.
- 2.5 Розробка технологічних операцій.
- 2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку.
 - 2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків по одній поверхні.
 - 2.6.2 Розрахунок припусків на ЕОМ.
 - 2.6.3 Визначення припусків табличним методом на всі інші поверхні.
- 2.7 Розрахунок та вибір режимів різання.
 - 2.7.1 Розрахунок режимів різання аналітично.
 - 2.7.2 Розрахунок режимів різання на ЕОМ.
- 2.8 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій.
- 2.9 Створення керуючої програми обробки деталі.

3. Конструкторський розділ.

- 3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування торців.
 - 3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.

3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою.

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

3.1.5 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи.

3.2 Проектування верстатного пристрою для обробки отвору.

3.2.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.

3.2.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою.

3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.

3.2.4 Розрахунок пристрою на точність.

3.2.5 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи.

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою.

3.3.1 Розробка схеми вимірювання.

3.3.2 Розрахунок пристрою на точність.

4. Дослідницький розділ.

4.1 Застосування мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) для верстатів при різних умовах різання.

4.2 Мастильно-охолоджуючі рідини для токарних верстатів.

4.3 Мастильно-охолоджуючі рідини для фрезерних верстатів.

4.4 Застосування мастильно-охолоджуючих рідин при свердлінні.

5. Охорона праці

5.1 Аналіз небезпеки і шкідливих речовин для розробленого технологічного процесу.

5.2 Організація інструктажу з техніки безпеки для працюючих на дільниці.

5.3 Розрахунок природного освітлення дільниці.

Висновок.

Список використаної літератури.

Вступ

У сучасних умовах досягти високого рівня виробництва стає надзвичайно складно. Для виготовлення високоякісної продукції, яка могла б гідно конкурувати не лише на українському ринку, а й за його межами, необхідно докласти значних зусиль. Ключову роль у цьому процесі відіграє впровадження технологічного прогресу, що прямо впливає на рівень виробництва та якість продукції. Постійний розвиток технологій змушує підвищувати стандарти відповідно до зростаючих вимог замовників.

З огляду на реалії сучасного виробництва, критично важливо активно впроваджувати автоматизацію процесів, збільшувати продуктивність праці, знижувати собівартість продукції. Також слід розробляти як загальні, так і спеціалізовані методи та системи захисту для працівників на виробничих ділянках.

Ще нещодавно системи автоматизованого проєктування (САПР) здавалися лише модною новинкою. Проте сьогодні вони стали невід'ємною частиною виробничих процесів, і їх економічна ефективність повністю підтверджена. Вигода від використання САПР визначається не лише зниженням витрат, а й підвищенням точності виготовлення продукції, а також скороченням термінів впровадження нових виробів у виробництво. Вища точність виготовлення сприяє зменшенню загального часу розробки продукції, що дозволяє оперативніше реагувати на змінні потреби ринку. Найраціональніший спосіб підвищення рівня виробництва включає оптимізацію методів вибору заготовок через порівняння різних варіантів, впровадження верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК), що дозволяє істотно скоротити витрати, кількість обладнання та залучення робочої сили. Застосування цих підходів дає змогу знизити вартість і час виготовлення продукції, значно підвищивши її якість. У результаті компанія отримує конкурентну перевагу, укріплюючи свої позиції як на внутрішньому ринку, так і на міжнародній арені.

У цьому дипломному проєкті було використано матеріали та креслення з підприємства ВАТ-АДВІС. Уся виконана робота здійснювалася в тісній співпраці.

1. Загальний розділ

1.1 Стан питання та постановка задачі дипломного проектування

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Метою дипломного проекту є розробка ділянки механічної обробки для виготовлення деталі «Напіввісь НВ-435-24». У процесі проектування необхідно вдосконалити технологічний процес виробництва цієї деталі, забезпечивши максимальну автоматизацію на всіх етапах обробки заготовки. Надважливим завданням є техніко-економічне обґрунтування вибору обладнання для впровадження нового технологічного процесу, а також механізація верстатних пристроїв за умови їх доцільної реалізації. Для підвищення ефективності механічної обробки заготовки новий технологічний процес має бути економічно виправданим і забезпечувати зниження витрат.

Відповідно до розробленого технологічного процесу, враховуючи обране обладнання та встановлені вимоги, проводяться розрахунки для всієї ділянки механічної обробки деталі «Напіввісь НВ-435-24».

Об'єктом виробництва є деталь типу "Напіввісь НВ-435-24". Ця деталь входить до складу вузла, що експортується до Німеччини. У зазначеній країні вузол використовується в електропідйомниках рульової системи, що вимагає дотримання високих стандартів точності та якості. З огляду на застосування деталі в рульовій системі, її виготовлення повинно здійснюватися з особливою ретельністю та під суворим контролем.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Після детального аналізу креслення деталі "Напіввісь НВ-435-24" і оцінки умов її експлуатації, можна зробити такі висновки.

Для забезпечення надійної роботи виробу необхідно дотримуватися таких умов:

- основною базою прийнято діаметр $\varnothing 30f6$ мм, оскільки він виступає направляючим елементом;

- варто забезпечити точне виконання вимог щодо співвісності отвору $\text{Ø}15\text{H}7$ та діаметра $\text{Ø}30\text{f}6$, при цьому максимальний допуск не повинен перевищувати 0,02 мм;

- аналогічні вимоги щодо співвісності висуваються між діаметром $\text{Ø}30\text{f}6$ та діаметром $\text{Ø}35\text{f}6$ з допуском до 0,02 мм;

- необхідно забезпечити контроль торцевого биття для діаметра $\text{Ø}50$ мм, при цьому допустиме відхилення не повинно перевищувати 1 мм;

- позиційний допуск у межах 0,1 мм застосовується до отворів діаметром $\text{Ø}12\text{H}7$ та $\text{Ø}25\text{H}7$;

- важливо жорстко дотримуватись вимог щодо перпендикулярності між діаметром $\text{Ø}30\text{f}6$ мм і віссю отвору $\text{Ø}25\text{H}7$, де допустиме відхилення не має перевищувати 0,03 мм.

При аналізі технологічності конструкції деталі можна виділити наступні аспекти.

Для виготовлення деталі використовується матеріал із заданим хімічним складом, %: С — 0,41–0,49; Si — 0,4–0,7; Mn — 0,5–0,8; Cr — 0,8–1,1; P, S — не більше 0,05. В якості матеріалу прийнята сталь 45Л згідно з ДСТУ 8781:2018, механічні властивості якої наведені в таблиці 1.1. Оскільки деталь не зазнає значних навантажень, на необроблених поверхнях відливки допускаються такі дефекти: - одиничні раковини максимальним розміром до 2 мм і глибиною до 1,5 мм у кількості до 5 штук на одну поверхню; - засмічення із глибиною не більше 0,5 мм та із загальною площею не більше 15% від поверхні відливки; - сліди від зачищення дефектів із глибиною до 0,3 мм; - утяжини глибиною до 1 мм; - нарости висотою до 0,5 мм.

На оброблюваних поверхнях допускаються будь-які ливарні дефекти в межах припуску на механічну обробку.

Гострі краї слід притупити фаскою розміром 0,2–0,5 мм або радіусом R 0,2–0,5 мм. Покриття деталі: емаль ХС-75у чорного кольору згідно з МТУ 6-10-2136-88, за винятком оброблених поверхонь (клас покриття та умови експлуатації

визначаються відповідно до ДСТУ EN 927-1:2019). Допускається альтернатива у вигляді таких покриттів: емаль ПФ-115 чорного кольору за ДСТУ 6405:2008 або емаль ПФ-113 чорного кольору за ДСТУ 926:2008.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості та умови термічної обробки сталі 45Л ДСТУ 8781:2018

| Марка | Термічна обробка | | | | | Механічні властивості | | | |
|-------|------------------|-----------|---------------|----------|---------|-----------------------|------------|------------|-------|
| | Гартування | | Умови охолод. | Відпуск | | σ_T | σ_B | δ_5 | a_n |
| | Температура, С° | | | Т-ра, С° | Охолод. | | | | |
| | 1 гарт-ня | 2 гарт-ня | Мпа | | | % | кДж/м | | |
| 45Л | 850 | — | мастило | 500 | вода | 360 | 610 | 10 | 587 |

Деталь характеризується простою геометричною формою, однак має оригінальні конструктивні елементи (наведені на рис. 1.1), які є важливими для її функціонування під час експлуатації.

Для даної конфігурації деталі з її оригінальними конструктивними елементами неможливо використовувати методи отримання заготовки, такі як прокат або штампування, хоча з економічної точки зору це було б набагато вигідніше. У даному випадку доцільно обрати технології отримання заготовок методом виливання за випалювальними моделями або литтям у землю чи кокіль.

Під час виготовлення цієї напіввісі можна застосувати високопродуктивні методи обробки, наприклад, токарні операції доцільніше і швидше виконувати на верстаті із ЧПК.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Враховуючи кількість деталей $N=5000$ шт. та їхню масу $m=3,12$ кг, можна припустити, що їх виготовлення відноситься до дрібносерійного виробництва. Таке виробництво відзначається обмеженою номенклатурою виробів, які виготовляються або ремонтуються періодичними, повторюваними партіями.

На підприємствах дрібносерійного типу значна частина обладнання складається з універсальних верстатів. Вони оснащені як спеціальними, так і універсальними налагоджуваними (СНП, УНП) і універсально-збірними (УЗП) пристроями. Це дає змогу зменшити трудомісткість та знизити собівартість виготовлення продукції. При невеликій трудомісткості обробки або недостатньо великому обсязі випуску виробів раціонально обробляти заготовки партіями. Операції виконуються послідовно: після обробки всієї партії на одній операції переходять до наступної. При цьому час обробки на різних верстатах не синхронізується. Заготовки зберігаються біля верстата під час обробки, а потім транспортуються цілим партіями разом.

У серійному виробництві використовуються універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати. При виборі технологічного обладнання, а також спеціалізованих чи спеціальних пристроїв і інструментів, слід проводити розрахунки витрат, термінів окупності та оцінювати економічний ефект від їхнього застосування. Тип виробництва відповідно вимог ДСТУ 3.1128:2014 визначається коефіцієнтом закріплення операцій. K_z :

$K_z=1,0$ – масове виробництво;

$1 \leq K_z \leq 10$ – великосерійне;

$10 \leq K_z \leq 20$ – середньосерійне;

$20 \leq K_z \leq 40$ – малосерійне;

Для одиночного виробництва K_z не визначається.

$$K_3 = \frac{t_B}{T_{шт.к}}, \quad (1.1)$$

де t_B - такт випуску;

$$t_e = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \quad (1.2)$$

де, F_d - це дійсний фонд часу, $F_d=4050$ шт.;

N - річна програма випуску, яка становить $N=5000$ шт;

$$t_e = \frac{4050 \cdot 60}{5000} = 48,6$$

Розрахуємо $T_{шт.к}$ - середній штучно-калькуляційний час, який потрібен на обробку деталі;

$$T_{шт.к} = \frac{T_{oi}}{I} \quad (1.3)$$

де T_{oi} —це час на обробку однієї поверхні, а i - кількість поверхонь;

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot L \cdot d; \quad (1.4)$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 20 \cdot 30 = 1,02 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 22 \cdot 35 = 1,31 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 22 \cdot 24 = 0,89 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 12 \cdot 90 = 1,84 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 12 \cdot 62 = 1,26 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 12 \cdot 89 = 1,82 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 25 \cdot 62 = 2,64 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 2(0,0017 \cdot 20 \cdot 23) = 1,56 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 2(0,0017 \cdot 5 \cdot 24) = 0,41 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 6 \cdot 45 = 0,46 \text{ хв};$$

$$T_{oi} = 0,0017 \cdot 4 \cdot 35 = 0,24 \text{ хв};$$

$$T_{шт.к} = \frac{1,02 + 1,31 + 0,89 + 1,84 + 1,26 + 1,82 + 2,64 + 1,56 + 0,41 + 0,46 + 0,24}{11} = 1,22 \text{ хв}.$$

$$K_3 = \frac{48,6}{1,22} = 39,8$$

Отже, на основі проведених розрахунків обираємо дрібносерійний тип виробництва.

2. Технологічний розділ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Відповідно до робочого креслення існуючого технологічного процесу, можна стверджувати, що наявні всі необхідні дані для виготовлення деталі, яка відповідає вимогам ДСТУ 9243.4:2023. Заводський технологічний процес було розроблено на підприємстві ВАТ АК «АДВІС» з урахуванням специфіки наявного верстатного устаткування та ріжучого інструменту. Загалом процес розроблений зрозуміло: чітко позначена послідовність виконання операцій, використане устаткування, проте існують певні недоліки. Зокрема, не зазначено розряди працівників, штучно-калькуляційний час для операцій і відсутня інформація про розцінки.

Це загальна характеристика існуючого технологічного процесу.

001 Транспортна

Заготовка транспортується із компанії «Литмаш-Адвіс» до компанії «Інструм - Адвіс»

005 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат 16К20.

- 1.Сверлити отвір $\varnothing 11,5$ мм;
- 2.Зенкерувати отвір $\varnothing 12 \pm 0,09$ мм на глибину 92 мм;
- 3.Точити фаску $1 \times 45^\circ$.

010 Вертикально-свердлильна.

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125.

- 1.Зенкерувати фаску $1 \times 45^\circ$ в отворі $\varnothing 12$ мм. з сторони виходу свердла;

015 Токарно-гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат 16К20.

- 1.Точити зовнішню поверхню до $\varnothing 23,880$ на глибину 0,12 мм;

2.Точити попередньо зовнішні поверхні шийок до $\varnothing 35,7-0,1$ мм та до $\varnothing 30,7$ глибиною 0,1 мм;

3.Точити фаски $2 \times 45^\circ$ та $1,2 \times 45^\circ$;

020 Вертикально-свердлильна

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

1.Свердлити послідовно 2 отвори $\varnothing 5 \pm 0,06$ мм, витримуючи розмір $58 \pm 0,15$ мм.

021 Транспортна

Транспортуємо заготовку до фірми „Європа-Експорт”.

025 Багатоцільова

Обробляючий центр IP-500

1.Обробити послідовно 3 отвори діаметром $\varnothing 25H7$ та $\varnothing 12H7$;

2.Фрезерувати торці, витримуючи розміри $61,5 \pm 0,2$ мм та $89 \pm 0,2$ мм.;

3.Обробити отвір діаметром $\varnothing 15H7$ та глибиною 25 мм.;

4.Свердлити отвори $\varnothing 6H12$ та $\varnothing 4H12$;

030 Багатоцільова

Обробляючий центр IP-500

1.Обробити послідовно 2 отвори M20x1,5-6H (свердлити до діаметра $\varnothing 18$; зенкерувати до $\varnothing 18,43+0,022$);

2.Фрезерувати торці у розмір $23 \pm 0,105$ мм.;

035 Вертикально-свердлильна

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

1.Зенкувати послідовно фаски $0,3 \times 45^\circ$ у 3-х отворах $\varnothing 25H7$ та $\varnothing 12H7$;

040 Слюсарна

Верстак слюсарний Г70-125Б

1.Зенкувати внутрішні фаски у отворі $\varnothing 12H7$;

2.Зачистити задирки та притупити гострі крайки.

041 Транспортна

Транспортуємо заготовку до фірми „Інструм -АДВИС”;

045 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3Б161

Шліфувати послідовно 2 шийки $\varnothing 30f6$ та $\varnothing 35f6$;

050 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат 16К20

1. Нарізати різьбу М24х1,5-6Н, витримуючи розмір 45мм;

051 Транспортна

Транспортуємо заготовку у фірму „Європа-Експорт”.

060 Контрольна

061 Транспортна

Транспортуємо деталь на дільницю фарбування.

065 Фарбування

066 Транспортна

Транспортуємо пофарбовану деталь в фірму „Європа-Експорт”.

070 Упаковка

071 Транспортна

Транспортуємо отриману деталь на склад готової продукції.

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

Аналізуючи конструктивні характеристики деталі, можна зробити висновок, що для зменшення кількості стружки після її обробки оптимальним рішенням є виготовлення заготовки у формі виливку. В даному випадку доцільно вибрати метод лиття по випалювальних моделях, оскільки він є найбільш універсальним для отримання таких заготовок. Однак слід врахувати, що виготовлення форми при цьому методі потребує значних витрат часу.

Техніко-економічне порівняння двох варіантів отримання заготовки

У нашій ситуації можливі два основних способи виробництва заготовок:

- 1) Лиття по випалювальних моделях.
- 2) Лиття в землю і кокіль.

При порівнянні цих двох методів базова вартість однієї тонни виливків зі сталі 45Л у обох випадках становить $C=3620$ гривень. Проте, хоча вартість виливків для обох варіантів однакова, кількість заготовок, отриманих при литті по випалювальних моделях, буде більшою у порівнянні з методом лиття в землю та кокіль.

Вибір оптимального способу виробництва здійснюється на основі техніко-економічного аналізу собівартості заготовок. Для цього використовується програмне забезпечення на ЕОМ, результати розрахунків наведені на рис.2.1 та рис.2.2.

Рисунок 2.1—Порівняння 2-х варіантів вибору заготовки за програмою “Vartist”

Результат розрахунку заготовок

| Варіант | Спосіб отримання заготовки | Вартість заготовки, грн. |
|----------------|-------------------------------|--------------------------|
| Перший варіант | литтво по випалюваних моделях | 6,45 |
| Другий варіант | литтво в землю і ко... | 5,72 |

Різниця у собівартості, грн: 5,72

Річний економічний ефект, грн:

Перший варіант кращий

Рисунок 2.2— Результати розрахунків програми ЕОМ “Vartist”

Проведемо розрахунок собівартості заготовки.

1-ий варіант

Спосіб отримання заготовки – лиття по випалюваних моделях;

Група складності заготовки: 1;

Маса заготовки – 3,4 кг;

Маса деталі – 3,12 кг.

Базова вартість 1-єї тони заготовок – 3620 грн.

Вартість 1-єї тони відходів – 200 грн.

Вартість заготовки – 6,45 грн.

2-ий варіант

Спосіб отримання заготовки – лиття в землю та кокіль.

Група складності заготовки – 1.

Клас точності заготовки – 1.

Маса заготовки – 3,9 кг

Маса деталі – 3,12 кг.

Базова вартість 1-єї тони заготовок – 3620 грн.

Вартість 1-єї тони відходів – 200 грн.

Вартість заготовки – 12,18 грн.

Висновок

Різниця у собівартості складає 5,72 грн.

Річний економічний ефект – 28621,88 грн при річній програмі випуску – 5000 шт.

За підсумками техніко-економічного аналізу технологічної собівартості було визначено, що найоптимальнішим методом виготовлення заготовки є лиття по випалювальних моделях.

2.3 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки.

Проведемо розрахунок литої заготовки відповідно до ДСТУ 8981:2020 у порядку:

1. Клас розмірної точності: 6...10 \Rightarrow 8.
2. Ступінь короблення: 5...8 \Rightarrow 7.
3. Ступінь точності поверхні: 10...16 \Rightarrow 14.
4. Клас точності маси: 5т...11 \Rightarrow 7.
5. Ряд припусків: 5...8 \Rightarrow 6.
6. Допуск розмірів вилівка.
7. Допуск нерівностей: 1,0(мм).
8. Допуск маси: 6,4%.
9. Мінімальний припуск на сторону: 0,5(мм).
10. Загальний припуск на сторону залежновід виду механічної обробки.

Розрахункові значення розмірів заготовки заносяться до таблиці 2.1.

Згідно з розрахованими розмірами, виконується креслення деталі (заготовки).

Таблиця 2.1 – Розрахунок розмірів заготовки

| Розмір деталі, мм. | Допуск розмірів вливка, мм. | Загальний припуск на сторону | Розмір на заготовці |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Ø35 | 0,2 | 4 | 39 |
| Ø30 | 0,2 | 9 | 39 |
| Ø24 | 0,2 | 7 | 31 |
| Ø25 | 0,2 | 6 | 19 |
| Ø20 | 0,2 | 5 | 15 |
| 89 | 0,3 | 3 | 92 |
| 65 | 0,3 | 3 | 65 |
| 23 | 0,2 | 3,5 | 26,5 |
| 8 | 0,2 | 2 | 10 |

2.3 Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз є важливим етапом проектування технологічного процесу механічної обробки, який тісно пов'язаний із розробкою самого процесу обробки заготовки.

Основними принципами, яких потрібно дотримуватися при визначенні баз, є:

1. Принцип суміщення баз.
2. Принцип постійності баз.
3. Принцип єдності баз.

При виборі базових поверхонь необхідно забезпечити їхню стабільність і надійність для встановлення заготовок, тобто вони повинні бути достатньо розвинутими.

Аналізуючи конструктивні особливості заготовки, можна визначити наступні бази:

- чорною базою обирається циліндрична поверхня із діаметром Ø 39;
- основною чистою базою доцільно призначити отвори Ø 15H7 і Ø12. При цьому заготовку слід монтувати в центри.

2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

Маршрут обробки окремих поверхонь визначається на основі вимог робочого креслення та характеристик заготовки. Вибір послідовності методів обробки на початковому етапі залежить від способу створення заготовки та рівня її точності. Методи кінцевої обробки встановлюються відповідно до технічних вимог, що висуваються до оброблюваної поверхні. Для проміжних переходів методи обробки обираються, враховуючи вже визначені початковий та кінцевий методи.

Важливо пам'ятати, що будь-якому методу остаточної обробки передують виконання ряду підготовчих операцій. При чорновій обробці рівень точності підвищується на 2-3 квалітети, тоді як на чистових етапах на 1-2. Враховуючи всі ці аспекти, можна визначити оптимальний маршрут механічної обробки кожної поверхні.

Процес вибору технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування спрямований на створення загального плану обробки заготовки, формування переліку операцій та вибір відповідного обладнання. Рішення про вибір конкретного варіанта технологічного процесу приймається після проведення техніко-економічного аналізу для визначальної операції. Основним критерієм оптимального рішення є мінімізація сукупних витрат, зокрема приведених витрат на виготовлення одиниці продукції.

Для визначення приведених витрат доцільно використовувати попередньо розраховані значення. Для зняття фасок у трьох отворах діаметром Ø25H7 і Ø12H7 у напівосі можна застосовувати вертикальний або радіально-свердлувальний верстат. Витрати на обробку на верстаті розраховуються за відповідною формулою.

$$C_o = \frac{C_{з.з.} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot R_g}, \text{ коп.} \quad (2.1)$$

де: $C_{з.з.}$ - годинні затрати під час роботи на верстаті, (коп/год);

$T_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час, хв;

R_g - коефіцієнт виконання норм;

Попередньо $T_{ш-к}$ можна визначити за формулою

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k, \text{ хв} \quad (2.2)$$

де: T_o - це основний технологічний час, хв.

Для свердлування він становить

$$T_o = n \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}, \text{ хв} \quad (2.3)$$

де: d - діаметр, що обробляється, мм;

l - довжина свердлування, мм;

n - кількість отворів;

$$T_o = 3 \cdot 0,52 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,035 \text{ (хв.)},$$

Тоді штучно-калькуляційний час при обробці на верстатах становитиме:

- на вертикально-свердлувальному

$$T_{ш-к1} = 0,035 \cdot 1,3 = 0,046 \text{ (хв.)}$$

- на радіально-свердлувальному

$$T_{ш-к2} = 0,035 \cdot 1,41 = 0,049 \text{ (хв.)}$$

Собівартість обробки на цих верстатах складе

- на вертикально-свердлувальному

$$C_{o1} = \frac{110 \cdot 0,046}{60 \cdot 1,3} = 0,06 \text{ (коп.)}$$

- на радіально-свердлувальному

$$C_{o2} = \frac{184 \cdot 0,049}{60 \cdot 1,3} = 0,12 \text{ (коп.)}$$

Для операції обираємо вертикально-свердлувальний верстат.

Складаємо маршрут обробки деталі у вигляді табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки напіввісі НВ-435-24

| Найменування і короткий зміст операції | Ріжучий інструмент | Обладнання |
|--|---|------------|
| 005Токарно-гвинторізна 1. Свердлувати отвір Ø11,5 на глибину 92 мм | Свердло Ø11,5мм.;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018 | 16K20 |
| 2.Зенкерувати отвір Ø12±0,09 на глибину 92 мм. | Зенкер Ø12мм. ДСТУ 21544:2018 | |
| 3. Точити фаску 1x45° | Різець токарний прохідний відігнутий з пластиною з швидко ріжучої сталі P6M5 ДСТУ 18868:2018 | |
| 010 Вертикально-свердлувальна 1.Зенкувати фаску 1x45° в отворі Ø12мм. з сторони виходу свердла. | Зенківка цільна ДСТУ ISO 494:2018 | 2H125 |

Продовження таблиці 2.2

| | | |
|--|--|--------------------|
| <p>015 Токарна з ЧПК 1. Точити $\varnothing 23,88 -0,12$ мм.</p> | <p>Різець токарний прохідний упорний з пластиною T15K6 ДСТУ 18879:2018</p> | <p>HAAS ST-10</p> |
| <p>2. Точити $\varnothing 30,7 -0,1$мм і $\varnothing 35,7 -0,1$мм</p> | <p>Різець токарний прохідний з пластиною T15K6 ДСТУ 18878:2018</p> | |
| <p>3. Точити $\varnothing 50$ мм.</p> | <p>Різець токарний прохідний упорний з пластиною T15K6 ДСТУ 18878:2018</p> | |
| <p>4. Точити фаски $2 \times 45^\circ$ мм.</p> | <p>Різець токар прохідний відігнутий з пластиною із швидкоріжучої сталі P6M54; ДСТУ 18868:2018</p> | |
| <p>5. Точити фаски $1,2 \times 45^\circ$ мм.</p> | <p>Різець токар прохідний відігнутий з пластиною з швидко ріжучої сталі P6M54; ДСТУ 18868:2018</p> | |
| <p>020 Вертикально-свердлувальна 1. Свердлити отвір $\varnothing 5 -0,06$ мм, витримуючи розмір $58 \pm 0,15$ мм. 2. Свердлити отвір $\varnothing 5 -0,06$ мм, витримуючи розмір $58 \pm 0,15$ мм.</p> | <p>Свердло $\varnothing 5$ мм; P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> | <p>HAAS VF-2SS</p> |

Продовження таблиці 2.2

| | | |
|--|--|---------------------|
| <p>030 Радіально-свердлувальна</p> <p>1. Розсвердлити отвір діаметром Ø25H7мм</p> <p>2. Розсвердлити 2 отвори Ø12H7мм</p> | <p>Свердло Ø25мм.;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> <p>Свердло Ø12мм.;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> | <p>2M55</p> |
| <p>035 Горизонтально-фрезерна</p> <p>1. Фрезерувати торці, витримуючи розмір 62-0,3мм.</p> <p>2. Фрезерувати торці, витримавши розмір 89±0,2мм.</p> | <p>Набір дискових тристоронніх фрез D=125мм. ДСТУ 3755:2018</p> <p>Набір дискових трьохсторонніх фрез D=80мм. ДСТУ 3755:2018</p> | <p>HAAS UMC-400</p> |
| <p>045Токарно-гвинторізна</p> <p>1. Розсвердлити отвір Ø14,5мм. на глибину 25мм.</p> <p>2.Зенкерувати отвір на Ø14,79мм.</p> <p>3.Розвернути отвір до діаметраØ15H7мм.</p> | <p>Свердло Ø14,5мм;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> <p>Зенкер Ø14,79H7; ДСТУ ISO 494:2018</p> <p>Розвертка Ø15+0,018мм; ДСТУ ISO 521</p> | <p>16K20</p> |
| <p>050 Вертикально-свердлувальна</p> <p>1. Свердлити отвір Ø6H12 мм.</p> | <p>Свердло Ø6мм;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> | <p>2H125</p> |
| <p>2.Свердлити отвір Ø4H12мм.</p> | <p>Свердло Ø4мм;P6M5 ДСТУ ISO 494:2018</p> | <p>2H125</p> |

Продовження таблиці 2.2

| | | |
|---|---|--------------|
| <p>055 Радіально-свердлувальна</p> <p>1. Розсвердлити 2 отвори Ø18мм.</p> <p>2.Зенкерувати два отвори Ø18,43+0,22мм.</p> <p>3.Нарізати різьбу М20х1,5- 6Н, послідовно в двох отворах.</p> | <p>Свердло Ø18мм.;Р6М5 ДСТУ ISO 494:2018</p> <p>Зенкер Ø18,43мм.; ДСТУ 21544:2018</p> <p>Мітчик М20х1,5; ДСТУ ISO 8051:2015</p> | <p>2М55</p> |
| <p>060 Вертикально-фрезерна</p> <p>1. Фрезерувати торці, витримавши розмір 23±0,105мм</p> | <p>Кінцева фреза Ø40мм; ДСТУ 17026:2018</p> | <p>6Р10</p> |
| <p>2. Фрезерувати торці, витримавши розмір 23±0,105мм</p> | <p>Кінцева фреза Ø40мм; ДСТУ 17026:2018</p> | |
| <p>065 Вертикально-свердлувальна</p> <p>1. Зенкувати послідовно фаски 0,3х45° в трьох отворах Ø25Н7 і Ø12Н7мм.</p> | <p>Зенківка цільна ДСТУ ISO 494:2018</p> | <p>2Н125</p> |
| <p>070 Круглошліфувальна</p> <p>1. Шліфувати послідовно дві шийки Ø30f6 і Ø35f6 мм.</p> | <p>Круг шліфувальний 33А50СМ2; ДСТУ 2424:2018</p> | <p>3М150</p> |
| <p>075Токарно-гвинторізна</p> <p>Проточити канавку</p> | <p>Токарний відрізний різець з пластиною Т15К6; ДСТУ 18884:2018</p> | <p>16К20</p> |
| <p>2. Нарізати різьбу М24х1,5- 6Н,витримавши розмір 45 мм.</p> | <p>Токарний різьбонарізний різець з пластиною Т15К6; ДСТУ 18885:2018</p> | |

2.5 Розробка технологічних операцій

Операційне переміщення деталей здійснюється із застосуванням тари згідно з ДСТУ ГОСТ 5761:2018 та ручних візків 8078.00. Завантаження візка повинно складати не більше двох одиниць тари з деталями.

Жінкам дозволяється підіймати тару з деталями, якщо її вага не перевищує 7 кг, а при вазі понад 14 кг – тільки удвох.

Під час міжопераційного переміщення необхідно суворо дотримуватись правил охорони праці і промислової санітарії.

Кожне робоче місце має бути обладнане закріпленими столиками 8077.00. Кількість тари на столик становить дві одиниці, розміщені в один ярус.

Видалення стружки та очищення станків виконуються лише за допомогою спеціального гачка і щітки при вимкненому обладнанні.

Загальна вага тари 1-1-120-80-70-1 (ООМ; ДСТУ 2890-94), яка використовується для міжцехового транспортування деталей, не повинна перевищувати 1000 кг. Рівень завантаження деталей у тару має бути нижчим від бортів тари щонайменше на 100 мм. Використання тари 1-1-120-80-70-1 (ООМ; ДСТУ 14861:2018) для міжопераційного транспортування деталей по дільниці суворо заборонено.

Проект маршруту механічної обробки напіввісі НВ-435-24.

У розробленому технологічному процесі механічної обробки було використано високопродуктивне обладнання, яке забезпечує ефективні режими обробки. Завдяки цьому стало можливим обробляти кілька поверхонь за одну установку, що істотно підвищує точність виготовлення деталей. Оскільки виробництво є дрібносерійним, застосування високопродуктивного обладнання виявилось найбільш раціональним рішенням для забезпечення високої продуктивності, покращення якості оброблених деталей і зменшення частки допоміжного часу. Це дозволяє оптимізувати процеси, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом між обробкою різних

поверхонь або заміною інструмента, що часто зустрічається при послідовній обробці кількох поверхонь на універсальних верстатах.

001 Транспортна

Трактор МТЗ-50; Візок металовіз; Кран-балка Р= 2т.

1.Переміщення деталей маршрутом складання заготовок на фірма „Інструмент АДВІС” .

2. Розгрузити краном-балкою заготовки на візках.

005. Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20

Патрон трьохкулачковий 7100-0047, ДСТУ 12595:2005

Встановити деталь у патрон та затиснути.

1. Свердлувати отвір діаметром $\varnothing 11,5$ мм на глибину 92мм.

Свердло – спіральне, матеріал-Р6М5 за ДСТУ ISO 235:2018.

3.Зенкерувати отвір діаметром $\varnothing 12 \pm 0,09$ мм на глибину 92мм.

Зенкер цільний із конічним хвостовиком $\varnothing 12$ ДСТУ EN ISO 9934-1

4.Точити фаску $1 \times 45^\circ$.

Різець токарний прохідний відігнутий із пластиною зі швидкоріжучої сталі

Р6М54; ГОСТ18868-73

5.Розкріпити і зняти деталь.

6.Покласти деталь у тару.

010. Вертикально-свердлувальна

Вертикально-свердлильний верстат2Н125

1.Встановити деталь у лещата та затиснути.

2.Зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ в отворі діаметром $\varnothing 12$ мм зі сторони виходу свердла.

Зенкер цільний з конічним хвостовиком ДСТУ 2233-93.

3. Розкріпити і зняти деталь.

4.Покласти деталь у тару.

015. Токарна з ЧПК

Токарно-гвинторізний верстат HAAS ST10

1. Встановити деталь у центрах.

2. Точити зовнішню поверхню до діаметра $\varnothing 23,88 \pm 0,12$ мм.

Різець токарний, прохідний, упорний із пластиною T15K6 ДСТУ 18878:2018

3. Точити зовнішню поверхню діаметром $\varnothing 30,7 \pm 0,1$ мм та $\varnothing 35,7 \pm 0,1$ мм

Різець токарний прохідний із пластиною T15K6 ДСТУ 18878:2018

4. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 50$ мм.

Різець токарний, прохідний, упорний із пластиною T15K6 ДСТУ 18878:2018

5. Точити фаски $2 \times 45^\circ$ мм.

Різець токарний, прохідний, відігнутий із пластиною зі швидкоріжучої сталі P6M54; ДСТУ 18868:2018.

6. Точити фаски $1 \times 45^\circ$ мм.

Різець токарний, прохідний, відігнутий із пластиною зі швидкоріжучої сталі P6M54; ДСТУ 18868:2018

Контроль, проведений виконавцем -100%.

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

7. Розкріпити і зняти деталь.

8. Покласти деталь у тару.

020. Вертикально-свердлувальна

Вертикально-свердлильний верстат HAAS VF-2SS

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2. Свердлувати отвір діаметром $\varnothing 5 \pm 0,06$ мм., витримавши розмір $58 \pm 0,15$ мм.

Свердло діаметром $\varnothing 5$ ДСТУ ISO 494:2018; матеріал ріжучої частини – P6M5.

Контроль, проведений виконавцем -100%

Калібр-пробка та Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Покласти деталь у тару.

025.Вертикально-свердлувальна

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2. Свердлувати отвір діаметром $\text{Ø}5\pm 0,06\text{мм}$, витримавши розмір $58\pm 0,15\text{мм}$.

Свердло діаметром $\text{Ø}5$ ДСТУ ISO 494:2018; матеріал ріжучої частини Р6М5.

Контроль, проведений виконавцем -100%

Калібр-пробка та штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Покласти деталь у тару.

030. Радіально-свердлувальна

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2. Розсвердлити отвір діаметром $\text{Ø}25\text{Н}7\text{мм}$.

Свердло $\text{Ø}25$ ДСТУ ISO 494:2018; матеріал ріжучої частини Р6М5.

3. Розсвердлити два отвори $\text{Ø}12\text{Н}7\text{мм}$.

Свердло $\text{Ø}12$ ДСТУ ISO 494:2018; матеріал ріжучої частини Р6М5.

Зняти та покласти деталь у тару.

035.Горизонтально-фрезерна

Горизонтально-фрезерний верстат мод.6Р80

1.Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2. Фрезерувати торці, витримавши розмір $62-0,3\text{мм}$.

Набір із дискових трьохсторонніх фрез $D=125\text{мм}$.ДСТУ3755:2018

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Зняти та покласти деталь у тару.

040.Горизонтально-фрезерна

Горизонтально-фрезерний верстат НААС UMC-400.

1.Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2.Фрезерувати торці, витримуючи розмір $89\pm 0,2\text{мм}$.

Набір з дискових тристоронніх фрез $D=80\text{мм}$.ДСТУ ISO 240:2015

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Зняти і покласти деталь в тару.

045. Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20

Патрон трьохкулачковий 7100-0047, ДСТУ 12593:2008

1. Встановити деталь у патрон і затиснути.
2. Розсвердлити отвір діаметром $\varnothing 14,5$ мм та на глибину 25мм.
Свердло діаметром $\varnothing 14,5$ мм; P6M5 ДСТУ ISO 494:2018
3. Зенкерувати отвір на діаметр $\varnothing 14,79$ мм.
Зенкер $\varnothing 14,79$ H7; ДСТУ ISO 494:2018
4. Розвернути отвір до діаметра $\varnothing 15$ H7мм.
Розготка $\varnothing 15+0,018$ мм.; ДСТУ ISO 521

Калібр-пробка

Зняти та покласти деталь у тару.

050 Вертикально-свердлувальна

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.
 2. Свердлити отвір діаметром $\varnothing 6$ H12 мм.
Свердло $\varnothing 6$ мм; P6M5 ДСТУ ISO 494:2018
 3. Свердлити отвір діаметром $\varnothing 4$ H12мм.
Свердло $\varnothing 4$ мм; P6M5 ДСТУ ISO 494:2018
- Калібр-пробка, майстер-плита.

Зняти та покласти деталь у тару.

055 Радіально-свердлувальна

Радіально-свердлильний верстат 2М55

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.
2. Розсвердлити 2 отвори $\varnothing 18$ мм.
Свердло $\varnothing 18$ мм; P6M5 ДСТУ ISO 494:2018
3. Зенкерувати 2 отвори $\varnothing 18,43+0,22$ мм.

Зенкер цільний із конічним хвостовиком $\varnothing 18,43$ мм; ДСТУ 9323-79

4. Нарізати різьбу M20x1,5 послідовно у 2-х отворах.

Мітчик M20x1,5; ДСТУ ISO 8051:2015

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Зняти та покласти деталь у тару.

060 Вертикально-фрезерна

Вертикально-фрезерний верстат мод. 6P10

1. Встановити деталь у пристосування та закріпити.

2. Фрезерувати торці, витримуючи розмір $23 \pm 0,105$ мм.

Кінцева фреза $\varnothing 40$ мм; ДСТУ 17026:2008 .

3. Фрезерувати торці, витримуючи розмір $23 \pm 0,105$ мм

Кінцева фреза $\varnothing 40$ мм; ДСТУ ГОСТ 17026:2008 .

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Зняти та покласти деталь у тару.

065 Вертикально-свердлувальна

Вертикально-свердлильний верстат 2Н125

1. Встановити деталь у пристосування і закріпити.

2. Зенкувати послідовно фаски $0,3 \times 45^\circ$ у трьох отворах діаметром $\varnothing 25H7$ та $\varnothing 12H7$ мм.

Зенківка цільна ДСТУ ISO 494:2018

Зняти та покласти деталь у тару.

070 Слюсарна

Верстак слюсарний Г70-125Б

1. Встановити деталь у лежаче і закріпити.

2. Зенкувати внутрішні фаски у отворі діаметром $\varnothing 12H7$ мм.

3. Зачистити задирки та притупити гострі крайки.

075 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат мод. 3М150

1. Встановити заготовку у пристосування для шліфування.

2 Шліфувати послідовно 2 шийки $\varnothing 30f6$ і $\varnothing 35f6$ мм.

Круг шліфувальний 33A50CM2;ДСТУ ISO 603

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Зняти та покласти деталь у тару.

080 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат мод.16K20

1. Встановити деталь у центрах.

2.Розточити канавку.

Токарний відрізний різець із пластиною T15K6; ДСТУ 18884:2008

3. Нарізати різьбу M24x1,5-6H ,витримавши розмір 45 мм.

Токарний різьбонарізний різець із пластиною T15K6; ДСТУ 18885:2018

Калібр-втулка різьбова; Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,1 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Зняти та покласти деталь у тару.

085 Мийка

090 Контрольна

Стіл контролера 82 13 00

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ДСТУ EN ISO 13385-1:2018)

Нутромір індикаторний 160-250 ДСТУ 17215:2009

Стійка індикаторна (індикатор годинникового типу ДСТУ 577:2009)

095 Фарбування

100Пакування

2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

2.6.1 Розрахунково - аналітичний метод

Проведемо розрахунок припусків для поверхні $\varnothing 35f_6$.

За робочим кресленням деталі та маршрутом механічної обробки записуємо в розрахункову карту технологічні переходи для обробки поверхні, $\varnothing 35f_6$ відповідно до послідовності їх виконання.

Мінімальний припуск при обробці поверхні обертання $2Z_{min}$, мкм, визначаємо за формулою:

$$2Z_{min.} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.4)$$

де: $R_{z_{i-1}}$ - це висота мікронерівностей поверхонь, що залишаються після завершення попереднього переходу, мкм.

h_{i-1} - це глибина дефектного поверхневого шару, що залишився після здійснення попереднього технологічного переходу, мкм.

ρ_{i-1} - це сукупне геометричне відхилення розташування, що утворилося під час попереднього етапу технологічного, мкм.

ε_i - це величина похибок встановлення заготовки під час виконання технологічного переходу, мкм.

Висота мікронерівностей R_z і глибина поверхневого шару h , розраховані для заготовки і по переходах:

- Заготовка $R_z=32$ мкм; $h=170$ мкм;
- Точіння однократне $R_z=15$ мкм; $h=20$ мкм;
- Шліфування однократне $R_z=5$ мкм; $h=10$ мкм;

Загальне відхилення, при встановлення у центрах, визначаємо за такою формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\kappa} \ell \quad (2.5)$$

де: Δ_{κ} - це відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1мм;

ℓ - це довжина деталі, мм;

$$\Delta_{\Sigma} = 2 \cdot 90 = 180 \text{ мкм}$$

Похибка установки становитиме:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_z^2} \quad (2.6)$$

де: ε_b - похибка базування, мкм;

ε_z - похибка закріплення, мкм.

Для першого переходу під час обробки чорнових заготовок усіх видів допуск будемо визначати за такою формулою:

$$\delta = \frac{(\delta_{заг} + \delta_{обр})}{2} \quad (2.7)$$

де: $\delta_{заг}$ - це допуск на розмір чорнової заготовки, мкм.

$\delta_{обр}$ - допуск по якості, який вказано в таблиці, для відповідного методу обробки, мкм.

$\delta_{заг} = 2000$ мкм;

$\delta_{обр} = 250$ мкм.

$$\delta = \frac{(2000 + 250)}{2} = 1125 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_z = 100$, [2]

$$\varepsilon_y = \sqrt{562,5^2 + 100^2} = 571 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки заготовки при шліфуванні визначається за такою формулою:

$$\varepsilon_{y1} = k \cdot \varepsilon_1, \quad (2.8)$$

де: k - це коефіцієнт уточнення, $k = 0,06$;

$$\varepsilon_{y1} = 0,06 \cdot 571 = 34 \text{ мкм.}$$

Виходячи з даних, занесених у таблицю, проводиться обчислення мінімальних значень між операційних припусків із застосуванням основної формули.

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

Для точіння однократного:

$$2Z_{\min 1} = 2\left(R_{z_0} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) = 2\left(32 + 170 + \sqrt{180^2 + 571^2}\right) = 2 \cdot 800 \text{ мкм.}$$

Для шліфування однократного:

$$2Z_{\min 3} = 2\left(R_{z_2} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) = 2\left(15 + 20 + \sqrt{38^2 + 34^2}\right) = 2 \cdot 86 \text{ мкм.}$$

Для завершального етапу шліфування в графу розрахунковий розмір вноситься найменший допустимий розмір поверхні..

$$d_{\text{роз}} = d_H + ei \quad (2.9)$$

де: d_H - це номінальний розмір поверхні, мм.

ei - це нижнє граничне відхилення, мм.

$$d_{\text{роз.3}} = 35 + (-0,050) = 34,95 \text{ мм.}$$

Для решти видів обробки розрахунок буде таким:

$$d_{\text{роз.1}} = d_{\text{роз.2}} + 2 \cdot z_2 = 35,95 + 2 \cdot 0,086 = 36,122 \text{ мм.} \quad (2.10)$$

$$d_{\text{роз.0}} = d_{\text{роз.1}} + 2 \cdot z_1 = 36,122 + 2 \cdot 0,8 = 37,722 \text{ мм.} \quad (2.11)$$

Найбільші граничні розміри становитимуть:

$$d_{\max 2} = d_{\max 2} - Td_2 = 34,95 + 0,050 = 35 \text{ мм.} \quad (2.12)$$

$$d_{\max 1} = d_{\max 1} - Td_1 = 36,122 + 0,30 = 36,422 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

$$d_{\max 0} = d_{\max 0} - Td_0 = 37,722 + 2,0 = 39,722 \text{ мм.} \quad 4)$$

Максимальні граничні значення припусків $2z_{\max}^{ep}$, мкм, будуть дорівнювати різниці найбільших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів, а мінімальне значення $2z_{\min}^{ep}$ - відповідно, буде рівним різниці найменших граничних розмірів.

$$2z_{\max 2}^{ep} = d_{\max 1} - d_{\max 2} = 36,422 - 35 = 1,422 \text{ мкм.} \quad (2.15)$$

$$2z_{\max 1}^{ep} = d_{\max 0} - d_{\max 1} = 39,722 - 36,422 = 3,30 \text{ мкм.} \quad (2.16)$$

$$2z_{\min 2}^{ep} = d_{\min 1} - d_{\min 2} = 36,122 - 34,95 = 1,172 \text{ мкм.} \quad (2.17)$$

$$2z_{\min 1}^{zp} = d_{\min 0} - d_{\min 1} = 37,722 - 36,122 = 1,60 \text{ мкм.} \quad (2.18)$$

Загальні припуски визначаються як сума відповідних граничних припусків за всіма переходами

$$2z_{\max}^{zp} = 1,422 + 3,30 = 4,722 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\min}^{zp} = 1,172 + 1,60 = 2,772 \text{ мкм.}$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків зі співвідношення

$$2z_{\max}^{zp} - 2z_{\min}^{zp} = Td_{\text{заг.}} - Td_{\text{дет.}} \quad (2.19)$$

$$2z_{\max}^{zp} - 2z_{\min}^{zp} = 4,722 - 2,772 = 1950 \text{ мкм.}$$

$$Td_{\text{заг.}} - Td_{\text{дет.}} = 2000 - 50 = 1950 \text{ мкм.}$$

Розрахунок проведений вірно, оскільки умова формули виконується.

Усі дані розрахунків заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахунок припусків на поверхню $\varnothing 35f6$

| Технологічні переходи | Елементи припуску | | | | Розр. прип. $2Z_{\min}$, мкм | Розрахунок розмірів, мм. | Допуск мкм | Граничні розміри | | Граничні значення припуску | |
|-----------------------|-------------------|----------|-----------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|-----------|----------------------------|-------|
| | R_z мм | h мкм | Δ мкм | ε_1 мкм | | | | Dmi n мм | Dmx мм | 2Zmin | 2Zmax |
| Заготовка | 32 | 170 | 180 | — | — | 12,504 | 2000 | 37,722 | 39,722 | — | — |
| Точіння однократне | 15 | 20 | 38 | 571 | 2x800 | 36,122 | 300 | 36,122 | 36,422 | 1,60 | 3,30 |
| Шліфування однократне | 5 | 10 | 0 | 34 | 2x86 | 34,95 | 50 | 34,95 | 35 | 1,172 | 1,422 |

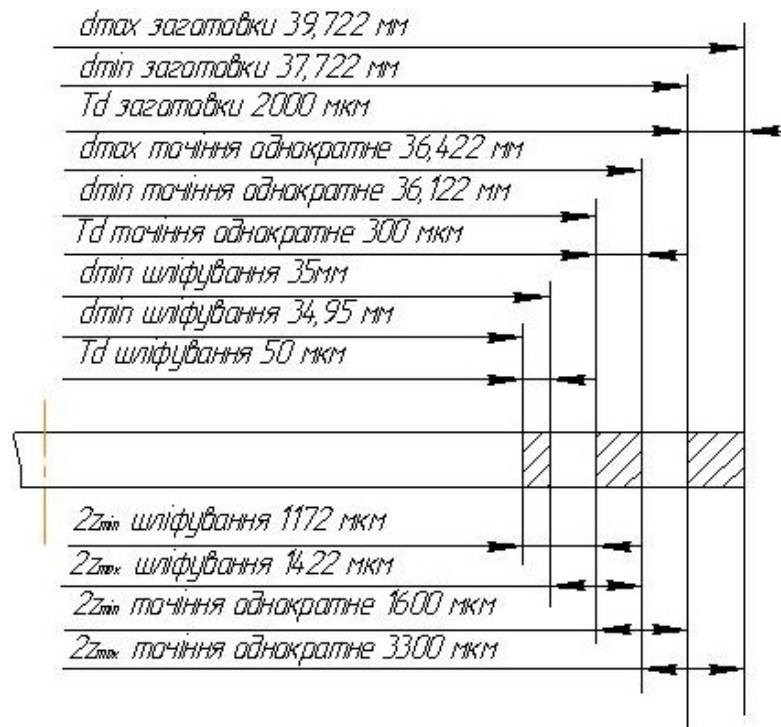


Рисунок 2.3 - Ілюстраційна схема розташування припусків та допусків

2.6.2 Розрахунок припусків за допомогою ЕОМ

Проведемо розрахунок припусків на механічну обробку отвору $\varnothing 15H7(^{+0,030})$.

Заготовка – вилівок 1-го класу точності.

Таблиця 2.4 Результати розрахунків по програмі Prirusk

Виконав ----- Гуц

Конструкторський розмір поверхні, що обробляється:

Номинальний розмір ----- 15мм.

Верхнє відхилення ----- 0,030мм.

Нижнє відхилення----- 0

| Технологічні переходи | Елементи припуску | | | | Розр.прип. 2Z _{min} ,мкм | Розрахунок розмірів,мм. | Допуск | Граничні Розміри | | Граничні значення припуску | |
|------------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| | R _z мм | h мкм | Δ мкм | ε _i мкм | | | | D _{min} мм | D _{mx} мм | 2Z _{min} | 2Z _{max} |
| Заготовка свердлування | 32 | 100 | 868 | — | — | 12,504 | 0,17 | 12,334 | 12,504 | — | — |
| | 40 | 60 | 8 | 80 | 2x1080 | 14,664 | 0,06 | 14,604 | 14,664 | 2160 | 2270 |
| зенкерування | 30 | 40 | 1 | 4 | 2x112 | 14,888 | 0,05 | 14,838 | 14,888 | 224 | 234 |
| Розгортання | 5 | 10 | 0 | 1 | 2x71 | 15,030 | 0,030 | 15,000 | 15,030 | 142 | 162 |

Всього: 2526 2666

Сумарне значення, що характеризує якість поверхні литих заготовок (R_zтах) [табл.27,1].

Визначаємо величину R_z та h для свердлування, зенкерування та розгортання:
Свердлування R_z=40(мкм); h=60(мкм).

Зенкерування R_z=30(мкм); h=40(мкм).

Розгортання R_z=5(мкм); h=10(мкм).

Таблиця 2.5 Результати розрахунків по програмі Pripusk

Виконав Гуц

Конструкторський розмір поверхні, що обробляється:

Номінальний розмір89мм.

Верхнє відхилення+ 0,2мм.

Нижнє відхилення..... - 0,2мм.

| Технологічні переходи | Елементи припуску | | | | Розрахунок припусків $2Z_{min}$, мкм | Розрахунок розмірів, мм. | Допуск | Граничні розміри | | Граничні значення припуску | |
|-----------------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------------|--|--------------------------|--------|------------------|----------------|----------------------------|------------|
| | R_z мм | h мкм | Δ мкм | ϵ_1 мкм | | | | D_{min} мм | D_{mx} мм | $2Z_{min}$ | $2Z_{max}$ |
| Заготовка | 32 | 100 | 128 | — | — | 89,920 | 0,6 | 89,920 | 90,520 | — | — |
| Фрезерування однократне. | 15 | 20 | 0 | 100 | 2x360 | 89,200 | 0,4 | 89,200 | 89,600 | 720 | 920 |

Всього: 720 920

Сумарне значення, що характеризує якість поверхні литих заготовок (R_z та h) [табл. 27,1].

Визначаємо величину R_z та h для однократного фрезерування:

Точіння чорнове $R_z=15$ (мкм); $h=20$ (мкм).

2.6.3 Розрахунок припусків табличним методом

Визначаємо припуски і параметри виливка:

Виливок І групи за ДСТУ 8781:2018;

Точність виливка 9-9-09 ДСТУ 8981:2020;

Допуск на переки – не більше 0,3мм.;

Допуски розмірів вилівка IT14-IT15;

Шорсткість вилівка –Rz=20мкм і більш грубіше.

Таблиця 2.6 - Припуски та допуски на оброблювані поверхні деталі

| Поверхня | Розмір деталі (заготовки), мм | Припуск, мм | | Допуск, мм |
|------------|-------------------------------|-------------|---------------|------------|
| | | табличний | розрахунковий | |
| Розмір Ø30 | 30 (39) | — | 4,5x2 | 0,62 |
| Розмір Ø25 | 25(19) | — | 3x2 | 0,5 |
| Розмір Ø24 | 24 (31) | — | 3,5x2 | 0,62 |
| Розмір Ø20 | 20(15) | — | 2,5x2 | 0,43 |
| Розмір Ø12 | 12(10) | — | 1x2 | 0,43 |
| Розмір 62 | 62(65) | — | 1,5x2 | 1,2 |
| Розмір 23 | 23(26,5) | — | 1,75x2 | 0,52 |

2.7 Розрахунок та вибір режимів різання

2.7.1 Аналітичний розрахунок режимів різання на токарну операцію

Обробка проводиться на верстаті з ЧПК 16К20Ф3. Ріжучим інструментом є різець MSSNR 2525 M12; T15K6; ГОСТ 26476-85; пластина ріжуча 03114-150412 T15K6 ГОСТ 1905-80 та пластина опорна 723-1504.

1). Точити зовнішню поверхню діаметром Ø23,88–0,12мм.

Верстат: 16К20Ф3

1. Визначимо глибину різання: $t = 1.2$ (мм.)

Різець MSSNR 2525 M12; T15K6; відповідно до ГОСТ 18879-73.

2. Визначимо подачу $S = 0,5 \left(\frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$; [стр.418 табл.2]

3. Визначимо швидкість різання

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) \quad (2.20)$$

де: $C_V=340$ —це постійна швидкість;

m, x, y – змінні параметри: $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,2$. [с.269, т. 17].

T —стійкість різця, $T=60$ хв.

K_V — поправочний коефіцієнт, який розраховуємо за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{NV} K_{IV}, \quad (2.21)$$

де: K_{NV} —коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні деталі, $K_{NV}=0.8$ [с.263, т.6]

K_{IV} — коефіцієнт, який враховує вплив інструменту, $K_{IV}=1$ [с.263, т.6]

K_{MV} — коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{MV} = Kr (750/\sigma_b)^{nv}, \quad (2.22)$$

Де Kr та n_V — коефіцієнти; $Kr=1$, $n_V=1$ [с.262, т.2]

$$K_{MV} = 1 (750/610)^1 = 1,23$$

$$K_V = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,98$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$g = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,98 = 115,57 \left(\frac{m}{xv} \right)$$

Число обертів шпинделя становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot g}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 115,57}{3,14 \cdot 23,88} = 1541,3 \left(\frac{об}{xv} \right) \quad (2.23)$$

Приймаємо $n_0=1600$ об/хв;

Визначимо сили різання за формулою

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.24)$$

Вибираємо значення коефіцієнта C_p та показників степеню формулах сили різання для точіння [с.273, т.22]

де: $C_p=384$; $x=0,9$; $y=0,9$; $n=-0,15$.

K_p — це поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}, \quad (2.25)$$

де $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, $K_{r p}$ — це коефіцієнти, які враховують якість обробленої поверхні:

$K_{\varphi p} = 0.89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{r p} = 1$;

K_{mp} – коефіцієнт, який враховує якість обробленої поверхні.

$$K_{mp} = (\sigma_{\varphi} / 750)^n, \quad (2.26)$$

$$K_{mp} = (610 / 750)^{0.75} = 0,86;$$

$$K_p = 0,86 \times 0,89 \times 1 = 0,77$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 0.5^{0.9} \cdot 1.2^{0.9} \cdot 115,57^{0.15} \cdot 0,77 = 1165,4 \text{ Н.}$$

Дійсна швидкість різання становитиме

$$g' = \frac{\pi \cdot D_{n'} \cdot n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23,88 \cdot 1600}{1000} = 120 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) \quad (2.27)$$

Визначаємо потужність різання приблизно за такою формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.28)$$

Де $N_{\text{різ}}$ – це потужність різання;

P_z – сила різання;

V – швидкість різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{1165,4 \cdot 120}{1020 \cdot 60} = 2,29 \text{ кВт}$$

Оскільки $N_{\text{різ}} < N$ ($2,29 < 7,5$), то ми можемо зробити висновок, що обробка на даному верстаті можлива.

Визначимо машинний час за такою формулою:

$$T_{\text{м}} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \quad (2.29)$$

де L – це довжина робочого ходу інструменту.

$$L = l + y + \Delta. \quad (2.30)$$

де l – довжина заготовки, що обробляється;

y – врізання інструменту;

Δ – виліт інструменту;

$$L = 22 + 3,5 + 2 = 27,5 \text{ мм.}$$

I – кількість проходів;

$$T_m = \frac{27,5}{1600 \cdot 0,5} \cdot 3 = 0,10 \text{ хв.}$$

2. Точити деталь до діаметра $\varnothing 30,7 - 0,1$ та до $\varnothing 35 - 0,1$ мм.

Різець PSLNR 2525 M12 T15K64; ДСТУ 3803-98

Ріжуча пластина 05114-120408 T15K6; ДСТУ ГОСТ 19078:2008

Пластина опорна 713-1203; ДСТУ ГОСТ 19078:2008

Верстат 16K20Ф3

Глибина різання - $t = 2,1$ (мм)

$$\text{Подача} - S = 0,8 \left(\frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$$

Швидкість різання становить:

$$g = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,98 = 86 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Число обертів шпинделя складе:

$$n = \frac{1000 \cdot 86}{3,14 \cdot 30,7} = 892,1 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$$

Приймаємо $n_d = 1000$ об/хв;

Розрахуємо дійсну швидкість різання:

$$g' = \frac{3,14 \cdot 30,7 \cdot 1000}{1000} = 96,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Визначимо сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Вибираємо значення коефіцієнта C_p та показників степеню формулах сили різання при точінні [с.273, т.22]

де $C_p = 384$; $x = 0,9$; $y = 0,9$; $n = -0,15$.

K_p – це поправочний коефіцієнт.

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

де: $K_{\varphi p}$ - $K_{\gamma p}$ $K_{\lambda p} K_{r p}$ — коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$$K_{\varphi p} = 0.89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 1;$$

K_{mp} — коефіцієнт, який враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = (\sigma_v/750)^n,$$

$$K_{mp} = (610/750)^{0.75} = 0.86;$$

$$K_p = 0.86 \times 0.89 \times 1 = 0.77$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 2.1^{0.9} \cdot 0.8^{0.9} \cdot 96.4^{-0.15} \cdot 0.77 = 3025 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання приблизно за такою формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{3025 \cdot 96.4}{1020 \cdot 60} = 4.8 \text{ кВт}$$

Оскільки $N_{\text{різ}} < N$ ($4.8 < 7.5$) можемо зробити такий висновок, що обробка на даному верстаті можлива.

Підставимо дані у формулу та розрахуємо машинний час:

$$L = 20 + 4.5 + 2 = 26.5 \text{ мм.}$$

$$T_m = \frac{26.5}{1000 \cdot 0.8} \cdot 2 = 0.07 \text{ хв.}$$

3. Точити деталь до діаметру $\varnothing 50$ мм.

Різець PSLNR 2525 M12 T15K6; ДСТУ 3803-98

Ріжуча пластина 05114-120408; ДСТУ ГОСТ 19078:2008

Пластина опорна 713-1203; ДСТУ ГОСТ 19078:2008

Верстат 16K20Ф3

Глибина різання – $t = 1.65$ (мм.)

$$\text{Подача} - S = 0.8 \left(\frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$$

Розрахуємо швидкість різання:

$$g = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,65^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,98 = 89,2 \left(\frac{м}{хв} \right)$$

Частота обертання складе:

$$n = \frac{1000 \cdot 89,2}{3,14 \cdot 35,7} = 795,7 \left(\frac{об}{хв} \right)$$

Приймаємо $n_d=800$ об/хв;

Дійсна швидкість різання становитиме:

$$g' = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35,7 \cdot 800}{1000} = 89,7 \left(\frac{м}{хв} \right)$$

Визначимо сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Вибираємо значення коефіцієнта C_p та показників степені у формулах сили різання при точінні [с.273, т.22]

де $C_p=384$; $x = 0,9$; $y = 0,9$; $n = -0,15$.

K_p – це поправочний коефіцієнт.

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

де $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, $K_{r p}$ – це коефіцієнти, які враховують якість обробленої поверхні,

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{r p} = 1$;

K_{mp} – це коефіцієнт, який враховує якість обробленої поверхні:

$$K_{mp} = (\sigma_b / 750)^n,$$

$$K_{mp} = (610 / 750)^{0,75} = 0,86;$$

$$K_p = 0,86 \times 0,89 \times 1 = 0,77$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1,65^{0,9} \cdot 0,8^{0,9} \cdot 89,7^{-0,15} \cdot 0,77 = 2461,2 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання приблизно за такою формулою:

$$N_{piz} = \frac{2461 \cdot 89,7}{1020 \cdot 60} = 3,6 \text{ кВт}$$

Оскільки $N_{\text{різ}} < N$ ($3,6 < 7,5$) можемо зробити такий висновок – обробка на даному верстаті можлива.

Підставимо дані в формулу та розрахуємо машинний час:

$$L = 22 + 1,65 + 2 = 25,65 \text{ мм.}$$

$$T_{\text{м}} = \frac{25,65}{800 \cdot 0,8} \cdot 1 = 0,04 \text{ хв.}$$

4.Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ мм.

Різець токарний фасочний Т15К64;ДСТУ 3803-98

Верстат 16К20Ф3

Глибина різання – $t = 2$ (мм.)

$$\text{Подача} - S = 1 \left(\frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$$

Швидкість різання складе:

$$g = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,98 = 78,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Частота обертання становитиме:

$$n = \frac{1000 \cdot 78,4}{3,14 \cdot 23,88} = 1046 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$$

Приймаємо $n_d = 1200$ об/хв;

Дійсна швидкість різання становитиме:

$$g' = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23,88 \cdot 1200}{1000} = 89,9 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Визначення сили різання складе:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Вибираємо значення коефіцієнта C_p та показників степені у формулах сили різання при точінні [с.273,т.22]

де $C_p = 384$; $x = 0,9$; $y = 0,9$; $n = -0,15$.

K_p – це поправочний коефіцієнт.

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

де $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, $K_{r p}$ – коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні;

$$K_{\varphi p} = 0.89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 1;$$

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

$$K_{mp} = (\sigma_v / 750)^n,$$

$$K_{mp} = (610 / 750)^{0.75} = 0.86;$$

$$K_p = 0.86 \times 0.89 \times 1 = 0.77$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 2^{0.9} \cdot 1^{0.9} \cdot 89.9^{-0.15} \cdot 0.77 = 3576.2 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання приблизно за такою формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{3576.2 \cdot 89.9}{1020 \cdot 60} = 5.3 \text{ кВт}$$

Оскільки $N_{\text{різ}} < N$ ($5.3 < 7.5$) можемо зробити такий висновок: обробка на даному верстаті можлива.

Підставимо дані у формулу та розрахуємо машинний час:

$$L = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ мм.}$$

$$T_m = \frac{6}{1200 \cdot 1} \cdot 1 = 0.005 \text{ хв.}$$

5. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ мм.

Різець токарний фасочний Т15К6444; ДСТУ 3803-98

Верстат 16К20Ф3

Глибина різання – $t = 1$ (мм)

$$\text{Подача} - S = 1 \left(\frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$$

Швидкість різання складе:

$$v = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 1^{0.45}} \cdot 0.98 = 87 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Частота обертання становить:

$$n = \frac{1000 \cdot 87}{3,14 \cdot 30,7} = 902,5 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$$

Приймаємо $n_d=1000$ об/хв;

Дійсна швидкість різання складе:

$$g' = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,7 \cdot 1000}{1000} = 96,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Визначимо сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Виберемо значення коефіцієнта C_p та показників степеню формулах сили різання при точінні [с.273, т.22]

де $C_p=384$; $x = 0,9$; $y = 0,9$; $n = -0,15$.

K_p – це поправочний коефіцієнт.

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

де $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{r p}$ – коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{r p} = 1$;

K_{mp} – це коефіцієнт, який враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = (\sigma_b/750)^n,$$

$$K_{mp} = (610/750)^{0,75} = 0,86;$$

$$K_p = 0,86 \times 0,89 \times 1 = 0,77$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1^{0,9} \cdot 1^{0,9} \cdot 96,4^{-0,15} \cdot 0,77 = 1706,8 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання приблизно за формулою:

$$N_{piz} = \frac{1706,8 \cdot 96,4}{1020 \cdot 60} = 2,7 \text{ кВт}$$

Оскільки $N_{piz} < N$ ($2,7 < 7,5$) можемо зробити такий висновок: обробка можлива на даному верстаті.

Підставимо дані у формулу та розрахуємо машинний час:

$$L = 1+1+2=4 \text{ мм.}$$

$$T_m = \frac{4}{1000 \cdot 1} \cdot 1 = 0.004 \text{ хв.}$$

Після проведення розрахунків режимів різання і норм часу по операціях зведемо всі дані до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7-Зведена таблиця режимів різання і норм часу по операціях

| № опер. | Найменування Переходу | t, мм | S, мм/об | V, м/хв | n, об/хв | L, мм | T _м , хв | T, хв |
|---------|---|----------|-------------|------------|-------------|----------|------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 005 | Свердлувати отвір діаметром Ø11,5 на глибину 92мм. | 5,75 | 0,25 | 22,7 | 630 | 104 | 1,6 8 | 45 |
| | Зенкерувати отвір Ø12±0,09 на глибину 92 мм. | 0,25 | 0,5 | 30,1 | 800 | 104 | | 30 |
| | Точити фаску 1x45° | 1 | 1 | 96,4 | 1000 | 4 | | 60 |
| 010 | Зенкувати фаску 1x45° в отворі Ø12мм зі сторони виходу свердла. | 1 | 0,5 | 23,7 | 630 | 7 | 0,0 2 | 30 |
| 015 | Точити Ø23,88–0,12мм. | 1,2 | 0,5 | 120 | 1600 | 27,5 | 0,22 | 60 |
| | Точити Ø30,7–0,1 і Ø35,7–0,1мм. | 2, 1 | 0, 8 | 96, 4 | 100 0 | 26, 5 | | |
| | Точити Ø50 мм. | 1,65 | 0,8 | 89,7 | 800 | 25,65 | | |
| | Точити фаску 2x45° | 2 | 1 | 89,9 | 1200 | 6 | | |

Продовження таблиці 2.7

| | | | | | | | | |
|-----|--|-------|------|------|------|------|------|-----|
| | Точити фаску 1x45° | 1 | 1 | 96,4 | 1000 | 4 | | |
| 020 | Свердлити отвір Ø5-0,06мм, витримуючи розмір 58±0,15 мм. | 2,5 | 0,12 | 25,1 | 1600 | 30 | 0,16 | 15 |
| 025 | Свердлити отвір Ø5-0,06мм, витримуючи розмір 58±0,15 мм | 2,5 | 0,12 | 25,1 | 1600 | 30 | 0,16 | |
| 030 | Розсвердлити отвір Ø25H7мм | 3 | 0,43 | 49,5 | 630 | 71 | 0,64 | 50 |
| | Розсвердлити два отвори Ø12H7мм | 1 | 0,36 | 45,2 | 1200 | 155 | | 45 |
| 035 | Фрезерувати торці, витримавши розмір 62-0,3мм | 3,5 | 0,1 | 47,1 | 120 | 45,5 | 3,8 | 120 |
| 040 | Фрезерувати торці, витримавши розмір 89±0,2мм | 3 | 0,1 | 50,3 | 200 | 28 | 1,4 | 120 |
| 045 | Розсвердлити отвір Ø14,5мм. на глибину 25мм | 1,25 | 0,3 | 32,3 | 710 | 31 | 0,35 | 45 |
| | Зенкерувати отвір на Ø14,79 мм. | 0,145 | 0,5 | 37,2 | 800 | 31 | | 30 |
| | Розвернути отвір до Ø15H7 мм. | 0,105 | 1 | 11,8 | 250 | 31 | | 40 |
| 050 | Свердлити отвір Ø6H12 мм. | 3 | 0,19 | 15,1 | 800 | 51,5 | 0,51 | 25 |
| | Свердлити отвір Ø4H12мм. | 2 | 0,15 | 20 | 1600 | 41 | | 15 |
| 055 | Розсвердлити два отвори Ø18мм. | 1,5 | 0,35 | 56,5 | 1000 | 65 | 0,49 | 45 |

Продовження таблиці 2.7

| | | | | | | | | |
|-----|---|-------|------|-------|------|------|------|----|
| | Зенкерувати два отвори Ø18,43+0,22мм. | 0,215 | 0,6 | 36,5 | 630 | 65 | | 30 |
| | Нарізати різьбу М20х1,5 попередньо в 2-х отворах. | 0,785 | 1 | 31,4 | 500 | 65 | | 90 |
| 060 | Фрезерувати торці, витримавши розмір 23±0,105мм | 1,75 | 0,1 | 78,5 | 1000 | 82 | 1,64 | 90 |
| | Фрезерувати торці, витримавши розмір 23±0,105мм | 1,75 | 0,1 | 78,5 | 1000 | 82 | | 90 |
| 065 | Зенкувати послідовно фаски 0,3х45° в 3-х отворах Ø25Н7 таØ12Н7мм. | 0,3 | 0,5 | 39,3 | 500 | 19,8 | 0,08 | 30 |
| 075 | Шліфувати послідовно 2 шийки Ø30f6 таØ35f6 мм. | 0,1 | – | 290 | 1200 | 42 | 0,26 | 30 |
| 080 | Проточити канавку В=3,2 мм. | 3,2 | 0,12 | 21,77 | 315 | 5,2 | 0,43 | 60 |
| | Нарізати різьбу М24х1,5- 6Н,витримавши розмір 45мм. | 1 | 1,5 | 6 | 120 | 21 | | 80 |

2.8 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Одна операція, а саме операція 020, розраховується аналітичним методом, тоді як інші операції обчислюються та зводяться у таблицю 2.8. У серійному виробництві встановлюється норма штучно-калькуляційного часу., $T_{шт-к}$. визначається за такою формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт.}, \quad (2.31)$$

де: $T_{п.з}$ – це підготовчо-заклучний час, хв;

n – величина партії деталей, шт;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (2.32)$$

де t – це запас деталей на складі, $t = 10$ шт;

Φ - це число робочих днів у році, $\Phi = 251$ дн,

$$n = \frac{5000 \cdot 10}{251} = 199,$$

Де T_{n-3} - підготовчо-заключний час на обробку, $T_{n-3} = 5$ хв. [Горбацевич.ст.216 табл.6.4]

$T_{шт}$ - штучний час на обробку деталі;

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{обс} + T_{відп} \quad (2.33)$$

де: T_o - це основний час обробки: $T_o = T_M = 0,16$ хв.;

$T_{дон}$ - допоміжний час обробки;

$$T_{дон} = (T_{вст} + T_{зо} + T_{кор} + T_{вим}) \quad (2.34)$$

де: $T_{вст}$ - це час на встановлення та зняття деталі, хв; $T_{вст} = 0,068$ хв ;
[Горбацевич.ст.199 таб.5.5]

$T_{зо}$ - це час на закріплення та відкріплення деталі, хв: $T_{зо} = 0,024$ хв ;
[Горбацевич.ст.201 табл.5.7].

$T_{кер}$ - час на прийоми управління, хв: $T_{кер} = 0,09$ хв ;

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв: $T_{вим} = 0,11$ хв [Горбацевич.ст.206 табл.5.10].

$$T_{дон} = (0,068 + 0,024 + 0,09 + 0,11) = 0,292 \text{ хв.} \quad (2.35)$$

Визначимо час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$:

$$T_{обс} + T_{від} = \left(\frac{T_o + T_{дон}}{100} \right) \cdot П_{відп} \quad (2.36)$$

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

$П_{відп}$ - норма часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби: $П_{відп} = 6\%$ [Горбацевич.ст.214 табл.6.1].

$$T_{шт} = 0,16 + 0,292 + 0,027 = 0,479 \text{ хв}$$

Визначимо норми штучно-калькуляційного часу за такою формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{5}{199} + 0,479 = 0,504 \text{ хв.}$$

Визначені технічні норми часу для інших операцій наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця технічних норм часу по операціях

| Операція | T _о | T _{вст} | T _{зо} | T _{кер} | T _{вим} | T _{доп} | T _{об} +T _{від} | T _{шт} | T _{пз} | T _{шт-к} |
|----------|----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 005 | 1,68 | 0,23 | 0,042 | 0,145 | 0,18 | 0,597 | 0,148 | 2,425 | 9 | 2,470 |
| 010 | 0,02 | 0,09 | 0,042 | 0,046 | 0,07 | 0,248 | 0,014 | 0,278 | 5 | 0,303 |
| 015 | 0,22 | 0,08 | 0,042 | 0,02 | 0,22 | 0,362 | 0,024 | 0,606 | 12 | 0,726 |
| 020 | 0,16 | 0,068 | 0,024 | 0,09 | 0,11 | 0,292 | 0,027 | 0,479 | 5 | 0,504 |
| 025 | 0,16 | 0,068 | 0,024 | 0,09 | 0,11 | 0,292 | 0,027 | 0,479 | 5 | 0,504 |
| 030 | 0,64- | 0,053 | 0,024 | 0,115 | 0,15 | 0,342 | 0,022 | 1,004 | 9 | 1,049 |
| 035 | 3,8 | 0,23 | 0,034 | 0,1 | 0,15 | 0,514 | 0,025 | 4,339 | 16 | 4,419 |
| 040 | 1,4 | 0,23 | 0,034 | 0,1 | 0,15 | 0,514 | 0,19 | 1,933 | 16 | 2,013 |
| 045 | 0,35 | 0,068 | 0,024 | 0,15 | 0,27 | 0,512 | 0,028 | 0,890 | 9 | 0,935 |
| 050 | 0,51 | 0,053 | 0,024 | 0,095 | 0,22 | 0,392 | 0,022 | 0,924 | 9 | 0,969 |
| 055 | 0,49 | 0,058 | 0,104 | 0,15 | 0,4 | 0,712 | 0,039 | 1,241 | 9 | 1,286 |
| 060 | 1,64 | 0,23 | 0,034 | 0,18 | 0,12 | 0,564 | 0,039 | 2,243 | 17 | 2,328 |
| 065 | 0,08 | 0,053 | 0,024 | 0,086 | 0,07 | 0,233 | 0,013 | 0,326 | 7 | 0,361 |
| 075 | 0,26 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,22 | 0,36 | 0,014 | 0,634 | 8 | 0,674 |
| 080 | 0,43 | 0,04 | 0,03 | 0,11 | 0,12 | 0,3 | 0,02 | 0,75 | 7 | 0,785 |

2.9 Створення керуючої програми обробки деталі.

Розробка та створення керуючої програми для верстат з ЧПК виконувалось за допомогою програми SOLID WORKS. Для цього було створено модель деталі (рис. 2.4).

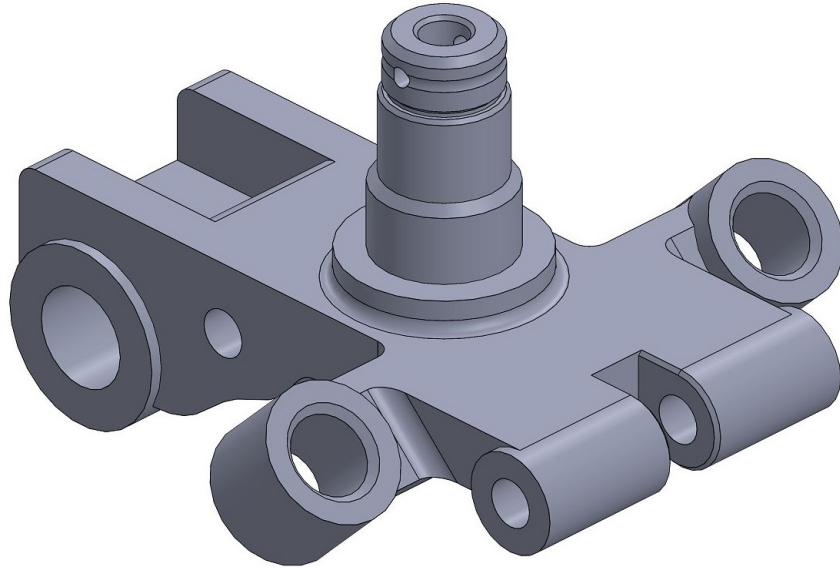


Рисунок 2.4 – Тривимірна модель деталі напіввісь.

Створено модель заготовки деталі.

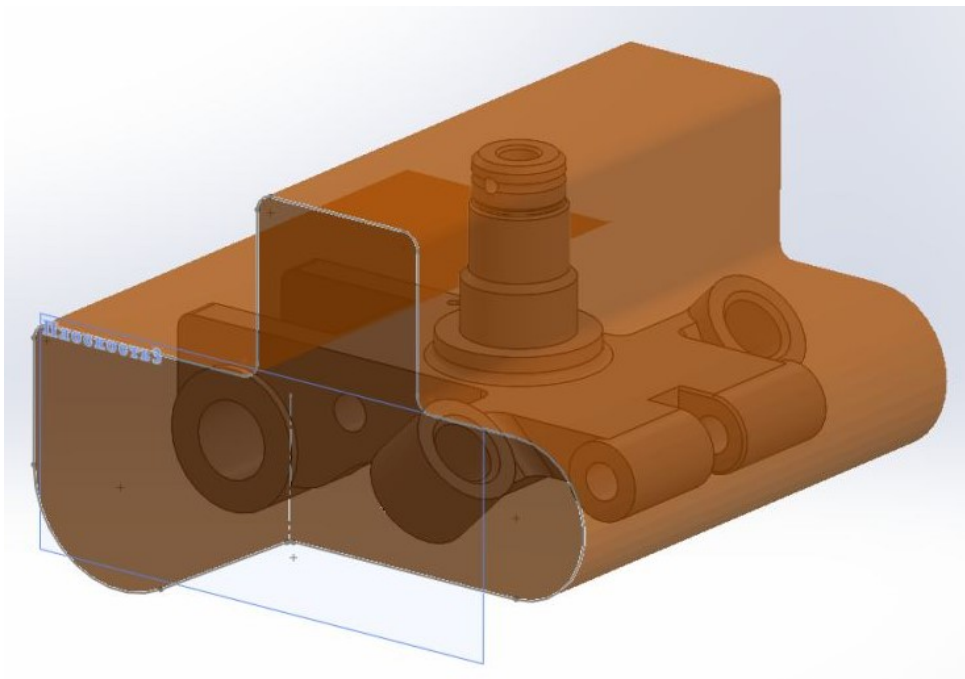


Рисунок 2.5 – Тривимірна модель заготовки деталі напіввісь.

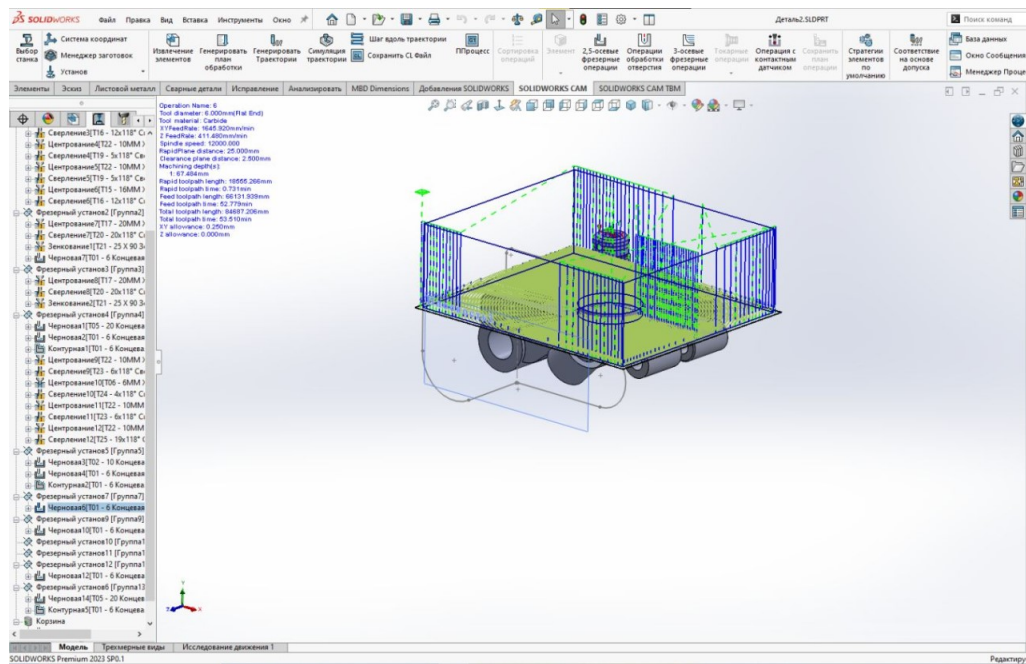


Рисунок 2.8 – План обработки верхней поверхности.

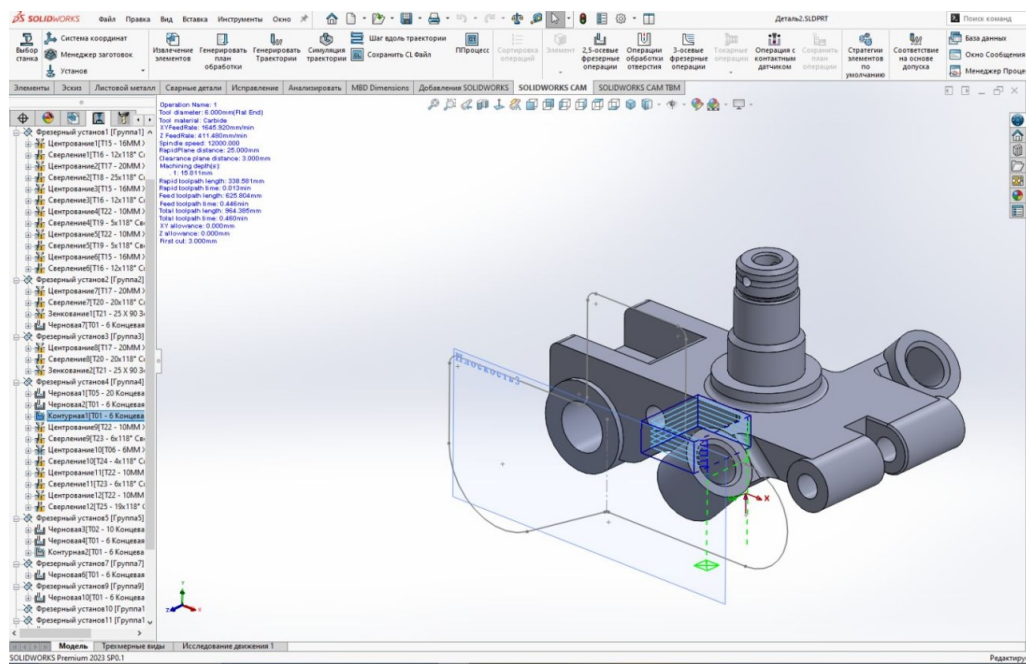


Рисунок 2.8 – План обработки пазу.

Виконано візуалізацію обробки поверхонь деталі.

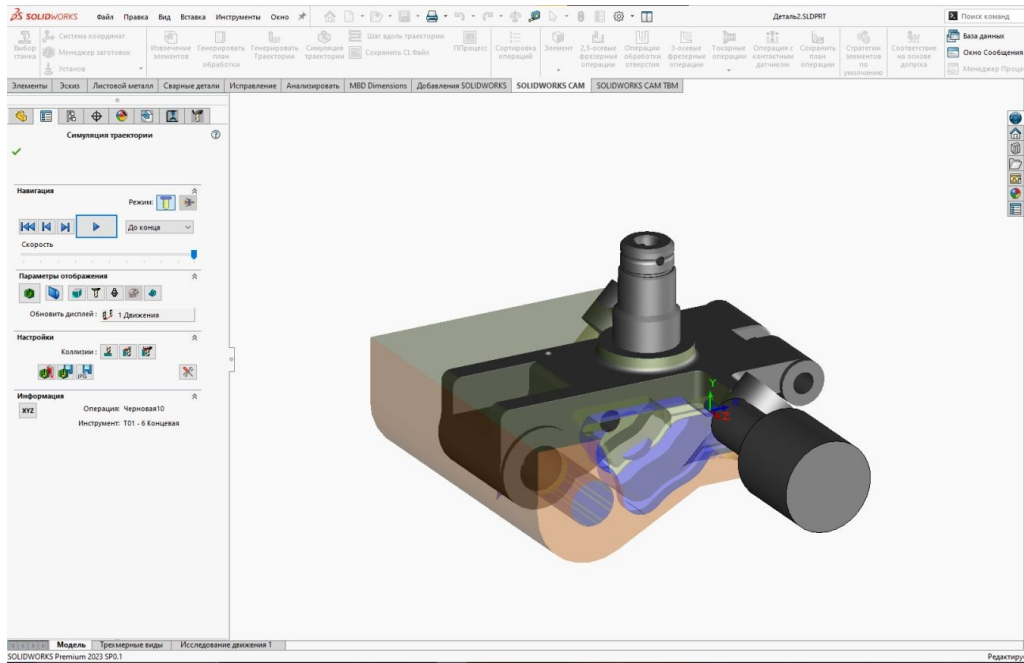


Рисунок 2.9 – Обработка боковой поверхности.

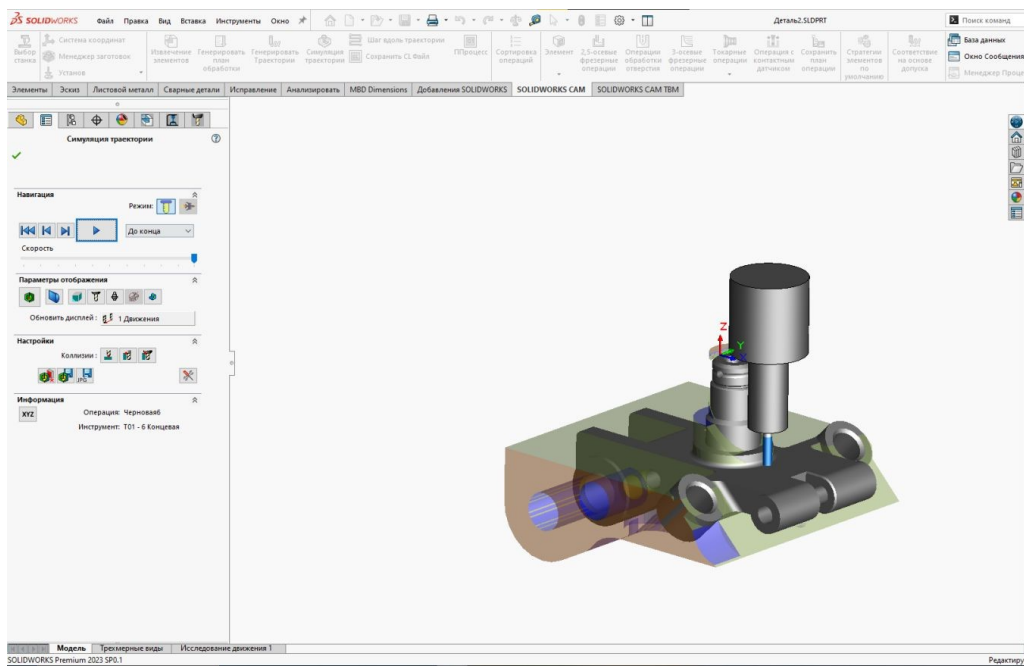


Рисунок 2.10 – Обработка верхней поверхности.

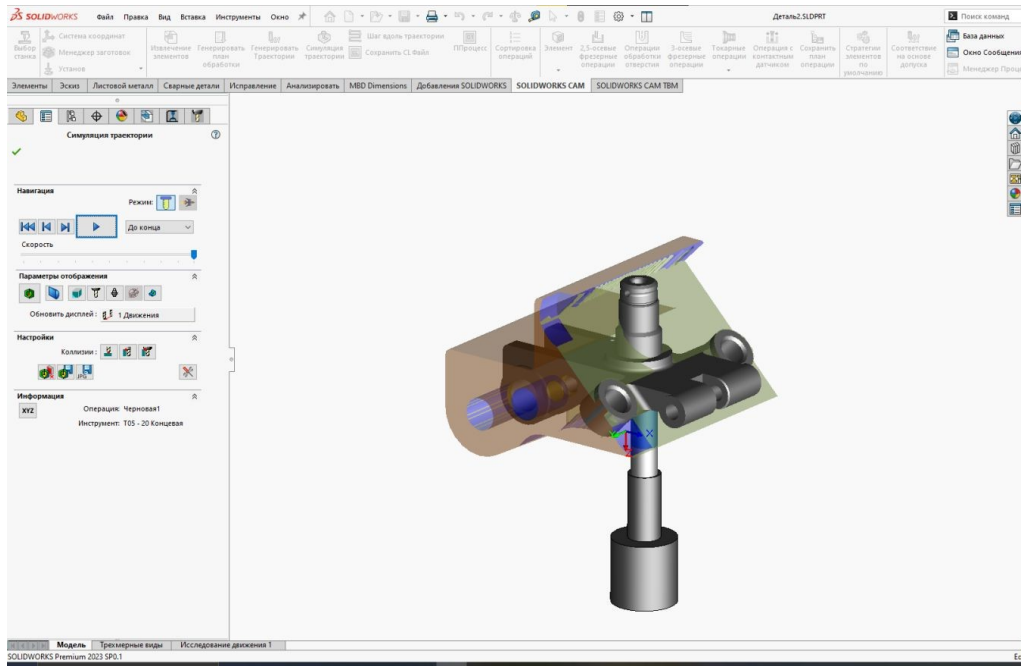


Рисунок 2.10 – Обработка пазу.

3. Конструкторський розділ

3.1 Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічній обробці

У цьому розділі розглядається проектування пристроїв для фіксації заготовки-півосі під час обробки. Зокрема, йдеться про створення пристрою для надійного закріплення заготовки під час зняття фаски $2 \times 45^\circ$ на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н125, а також розробку обладнання для закріплення заготовки під час фрезерування торців із забезпеченням точного розміру $62-0,3$ на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р80.

3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Під час вибору установчих елементів враховують загальні принципи закріплення заготовок. До таких елементів висуваються наступні вимоги: правильна кількість і раціональне розташування, забезпечення орієнтації заготовки відповідно до прийнятої схеми базування, а також достатня стійкість у пристосуванні. Якщо використовуються бази з параметром шорсткості $Rz > 20$ мкм, установочні елементи бажано виконувати з обмеженою опорною поверхнею. Це допомагає мінімізувати вплив нерівностей баз на стійкість заготовки. Важливо також, щоб установочні елементи не пошкоджували базові поверхні, особливо ті, які не підлягають повторній обробці. Вони мають бути жорсткими, а для підвищення їхньої жорсткості застосовують точну обробку поверхонь стикання, наприклад шліфування, а також забезпечують надійне кріплення елементів до корпусу пристосування і щільний затиск деталі.

Зносостійкість опорних поверхонь підвищують за рахунок виготовлення їх із сталей, що проходять термічну обробку до твердості 56-61 HRC. Для зменшення зношування опор можуть застосовуватись методи хромування несучих

поверхонь або наплавлення твердого сплаву з подальшим шліфуванням до шорсткості Ra в межах 0,63-0,32 мкм.

Положення заготовки під час обробки, як і інших твердих тіл у просторі, визначається шістьма ступенями свободи. Ці ступені описують можливість переміщення та обертання заготовки відносно трьох координатних осей. У разі повного орієнтування заготовка втрачає всі ступені свободи; при частковому – їхня кількість становить менше шести. У першому випадку заготовка отримує точне положення в пристрої, тоді як у другому допускається менша точність розташування у певних напрямках або ж довільне положення заготовки з можливістю обертання навколо будь-якої координатної осі.

У разі повної орієнтації заготовки її встановлення відбувається через повний контакт базових поверхонь з елементами пристрою, які жорстко закріплені в його конструкції. Це досягається за допомогою прикладання необхідних сил закріплення. Для реалізації повного орієнтування важливо, щоб кількість і розташування опор забезпечували нерозривність базових поверхонь із цими опорами, унеможливаючи будь-яке зміщення заготовки відносно координатних осей. За дотримання умови нерозривності заготовка фактично позбавляється всіх ступенів вільності.

Кількість опор для встановлення заготовки не має перевищувати шести. Для забезпечення стабільності положення заготовки необхідно обирати максимально можливу відстань між опорами. Під час монтажу слід уникати перекидання заготовки на опорах. Збільшення відстані між опорами знижує вплив деформацій або похибок форми базових поверхонь, що позитивно впливає на точність розташування заготовки у пристрої.

З огляду на вищезазначене, встановлюючими базами для операції 010 обираємо торці напівосі. Дивитись рис.3.1

Схема базування для операції 010 виглядає так:

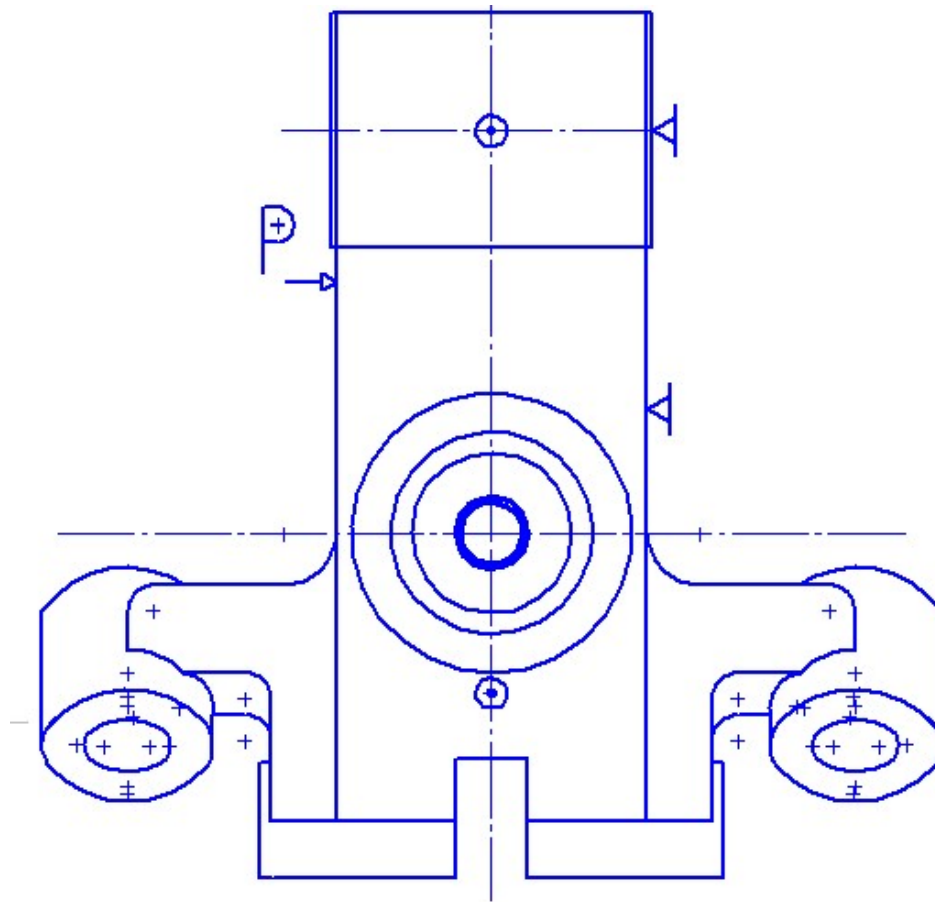


Рисунок 3.1 - Схема базування та закріплення заготовки

3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою

Основне завдання закріплювальних пристосувань полягає у забезпеченні надійного контакту заготовки з установчими елементами, запобіганні її зміщенню та появі вібрацій під час обробки.

Залежно від джерела закріплювальної сили, такі механізми поділяються на ручні та механізовані.

Оскільки в проєктованому пристрої заготовка встановлюється в упори своїми базовими поверхнями, сила закріплення повинна забезпечувати притискання заготовки до цих упорів. Для спрощення роботи з пристосуванням та

підвищення надійності затиску передбачено використання пневматичного затискного механізму.

Розрахунок сил закріплення здійснюють як під час розробки нових пристосувань, так і при використанні існуючих універсальних рішень. Первинний розрахунок зазвичай зводиться до задачі статички, де аналізують рівновагу заготовки під впливом прикладених зовнішніх сил.

Необхідна сила закріплення, визначена з урахуванням умов обробки, повинна бути меншою за ту, яку може забезпечити пристрій або пристосування, що застосовується.

Розрахунок сили закріплення Q :

Зміщення заготовки запобігається за допомогою сил тертя, що виникають у точках контакту заготовки з опорами та затискними елементами.

$$P_z = Q \cdot f_1 + Q \cdot f_2 \quad (3.1)$$

де: f_1, f_2 – коефіцієнти тертя заготовки із встановлюючими та затискними елементами.

$$Q = \frac{k \cdot P_z}{f_1 \cdot f_2} \quad (3.2)$$

Крутний момент при свердлуванні $M_{кр} = 36$ кг

Коефіцієнт тертя сталі по сталі становить:

$$f_1 = f_2 = f = 0,15 \quad (3.3)$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $k = 1,5$

Тоді сила закріплення складе:

$$Q = \frac{1,5 \cdot 36}{0,15 + 0,15} = 1800H$$

Розрахунок приводу пристосування.

У даному випадку розрахунок приводу пристосування полягає у визначенні діаметру пневмоциліндра.

Зі схеми закріплення деталі видно:

$$P = Q; \quad (3.4)$$

Розраховуємо необхідне зусилля на шток пневмоциліндра:

$$P = Q = 1800 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діють на шток пневмоциліндра, визначаються робочим тиском повітря та внутрішнім діаметром циліндра.:

$$P = P_B \cdot \frac{\Pi \cdot D_u^2}{4} \quad (3.5)$$

де $P_B = 4 \text{ кгс/см}^3$ – це робочий тиск повітря у пневмосистемі;

D_u – це діаметр циліндра, мм.

Підставляємо значення у формулу та розраховуємо:

$$D_u = \sqrt{\frac{4P}{P_B \cdot \Pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{P}{\Pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{180}{4 \cdot 3.14}} = 3,78 \text{ см} = 37,8 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Зі стандартного ряду вибираємо циліндр із діаметром: $D_u = 45 \text{ мм}$.

Для спрощення роботи із пристосуванням та підвищення надійності фіксації буде використано механізований затискний механізм, оснащений приводом від пневмоциліндра.

3.1.3. Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахунок діаметра різьби для гвинтів, які фіксують кришку пневмоциліндра.

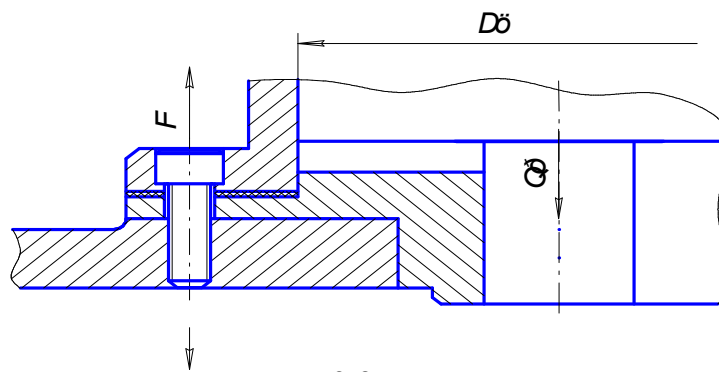


Рисунок 3.2 – Схема розрахунку

$$Q_p = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot P \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 45^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 901 \text{ Н} \quad (3.7)$$

Ця сила діятиме як тиск на кришку пневмоциліндра за умови, що тиск у пневмомережі досягне максимального значення і дорівнюватиме $P_n = 0,63$ МПа.

Прийmemo кількість гвинтів $z = 4$, матеріалом буде сталь класу міцності 5...6, а матеріал прокладки – гума.

Для різьбового з'єднання із неконтрольованим затягуванням під умовами постійного навантаження обираємо коефіцієнт запасу міцності. $[S_m] = 4,5$.

Границя текучості для матеріалу гвинтів складе $\gamma_m = 300$ Н/мм²

Допустиме напруження розтягу становить:

$$[\gamma]_p = \frac{\gamma_m}{S_m} = \frac{300}{4,5} = 66,7 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.8)$$

Навантаження на один гвинт розраховуємо за формулою:

$$F = \frac{Q_p}{z} = \frac{901}{4} = 225 \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Для забезпечення точності та геометричної відповідності з'єднання, гвинти встановлюють із попередньою затяжкою під час складання. При цьому враховується використання пружної гумової прокладки в з'єднанні. Приймається коефіцієнт зовнішнього навантаження $x=0,45$.

У разі постійного навантаження використовується коефіцієнт запасу для попередньої затяжки $K_{зат}=1,75$.

Сила попередньої затяжки складе

$$F_0 = K_{зат} (1 - x) \cdot F \quad (3.10)$$

$$F_0 = 1,75(1 - 0,45) \cdot 225 = 217 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила становить:

$$F_{роз} = 1,3F_0 + x \cdot F \quad (3.11)$$

$$F_{роз} = 1,3 \cdot 217 + 0,45 \cdot 225 = 383 \text{ Н.}$$

Розрахунковий діаметр різьби гвинта складе

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 383}{3,14 \cdot 66,7}} = 3 \text{ мм.} \quad (3.12)$$

Приймаємо різьбу М6 із кроком P=1,0 мм, для якої

$$d_p = d - 0,94 \cdot P = 6 - 0,94 \cdot 1,0 = 5,06 > 3 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Різьба М6 є придатною.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Розглянемо точність пристрою для фрезерування торців. Для забезпечення відповідності точності пристрою вимогам до отримуваних розмірів важливо, щоб загальна похибка установки відповідала необхідним нормам ε_y була меншою допустимої:

$$E_y \leq [E_y] \quad (3.14)$$

Похибка установки ε_y є відхиленням фактично досягнутого положення заготовки під час її установки у верстатний пристрій від необхідного. ε_y виникає через невідповідність вимірювальних і технологічних баз, неоднорідність якості поверхонь заготовок, неточності в їх виготовленні, зношеність верстатного обладнання та нестабільність сил закріплення та ін. ε_y визначають за похибками: базування ε_b , закріплення ε_z та положення ε_{np} ; ε_b – це випадкова погрішність; ε_z містить і випадкові складові похибки, які об'єднанні в основну $\varepsilon_{z.o.}$, і закономірно змінювану систематичну похибку $\varepsilon_{z.u.}$, яка пов'язана зі зміною форми поверхні контакту установочного елемента у результаті його зношування; ε_{np} включає закономірно змінювану систематичну похибку ε_u , яка визначається прогресуючим зношуванням установочних елементів, а також, крім того, постійні систематичні похибки $\varepsilon_{y.c.}$, які визначаються похибками виготовлення та зборки опор верстатного пристрою, та ε_c , які визначаються похибками установки та фіксації верстатного пристосування на верстаті [8, с.519].

У загальному випадку для розрахунків використовуємо таку формулу:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{3.o.}^2} + \varepsilon_{3.u.} + \varepsilon_u + \varepsilon_{y.c} + \varepsilon_c. \quad (3.15)$$

Визначимо складові елементи похибки ε_y :

1) Похибка базування ε_{δ} – це відхилення, яке відображає різницю між фактичним положенням заготовки під час базування та необхідним положенням. Воно визначається як граничне поле розсіювання відстаней між технологічною базою і вимірювальними базами в напрямку контрольованого розміру. Значення ε_{δ} залежить від прийнятої схеми базування та точності виконання баз заготовки. Величину ε_{δ} визначають за відповідними геометричними розрахунками чи аналізом розмірних ланцюгів.

У нашому випадку величина ε_{δ} дорівнює допуску на заготовку, розміром 89 мм. Допуск на розмір складає 89 мм $\pm 0,2$ мм.

2) Похибка закріплення ε_3 – це різниця між максимальною та мінімальною величинами проекцій зміщення вимірювальної бази в напрямку виконуваного розміру, що виникає внаслідок прикладення до заготовки сил закріплення. Основною причиною є зміна контактних переміщень у місці стику "заготовка – опори пристрою".

Деформаціями жорстких заготовок та корпусу пристрою під впливом сил закріплення зазвичай нехтують.

$$\varepsilon_3 = \cos\beta(\varepsilon_{3.o} + \varepsilon_{3.u}) \quad (3.16)$$

де β – кут між напрямком розміру, що витримується, і напрямом найбільшого переміщення.

Оскільки $\beta=90^\circ$, то $\varepsilon_3=0$, тому визначати складові $\varepsilon_{3.o}$ та $\varepsilon_{3.u}$ нема потреби.

3) Складова ε_u показує зміну положення базуючих поверхонь опор у результаті їхнього зношування в процесі експлуатації верстатного пристрою. Інтенсивність зношування опор залежить від їхньої конструкції та розмірів, матеріалу та маси заготовки, стану її баз, а також умов встановлення заготовки у

верстатний пристрій та знімання після обробки. Число установок, що викликають зношування опори на 1 мкм, називається зносостійкістю опор C .

За відомої величини C можна встановити похибку обробки, пов'язану зі зношуванням опор, для заданої кількості установок N . Також можливо оцінити допустиму кількість установок з урахуванням зношуванням та визначити періодичність заміни опор верстатного пристрою. У такому випадку попередньо потрібно визначити допустимий рівень зношування опор $u_{дон}$. Значення $u_{дон}$ буде похибкою ε_u , яке приймемо $\varepsilon_u=0,01$ мм.

4) Похибка виготовлення пристрою $\varepsilon_{y.c}$ переважно визначається точністю виготовлення деталей верстатного пристосування. Допуски відповідальних розмірів для нестандартних деталей верстатних пристосувань зазвичай складають 10-30% допуску на відповідний оброблюваний розмір заготовки. Це, як правило, $\varepsilon_{y.c}<0,01\dots0,005$ мм.

Приймемо $\varepsilon_{y.c}=0,01$ мм.

5) Складова ε_c виникає у результаті переміщень та перекосів корпусу пристосування на столі верстата. при одноразовій незмінній фіксації верстатного пристрою на верстаті, ця величина доводиться до заданого мінімуму за допомогою вивірки й вважається постійною протягом експлуатації зазначеного пристрою. У окремих випадках складова ε_c може бути усунута шляхом відповідного налаштування верстата. У серійному виробництві, де здійснюється багаторазова періодична заміна пристроїв на верстатах, ε_c перетворюється на некомпенсовану випадкову величину, яка змінюється в певних межах.

На величину ε_c впливають зношування та можливі пошкодження поверхонь контакту в процесі регулярної зміни верстатних пристроїв. При додержанні раціональних умов заміни пристроїв та правильності підбору зазорів в сполученнях, значення ε_c можна знизити до 0,01-0,02 мм. Приймаємо $\varepsilon_c=0,02$ мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,2^2 + 0^2} + 0 + 0,01 + 0,01 + 0,02 = 0,24 \text{ мм.}$$

Оскільки похибка ε_y є меншою, ніж значення переміщення, тож робимо висновок про досягнення пристроєм необхідною точності.

3.1.5 Розробка технічних умов на пристрої та опис їх роботи

Пристрій для фрезерування торців розроблений для монтажу на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6P80 і забезпечує базування та надійне закріплення напіввісі.

Технічні умови:

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| Оброблювальна напіввісь | НВ-436-24 |
| Привід затискного механізму | пневматичний |
| Розвиваюча сила закріплення | 2000Н. |
| Робочий тиск у пневмосистемі | 4 Н/см ² |
| Зусилля на шток пневмоциліндра | 1000Н |
| Габаритні розміри пристосування: | |
| Довжина | 350 |
| Ширина | 225 |
| Висота | 110 |
| Маса, не більше | 60кг |

Робота пристосування.

Оброблювана деталь встановлюється базовими поверхнями на стійки та фіксується за допомогою упорів. При активації пневморозподільника стиснене повітря надходить у поршневу частину пневмоциліндра, викликаючи переміщення поршня разом зі штоком. Рух штока передається на губку, яка в свою чергу закріплює заготовку. Таким чином, деталь готова до обробки. Після завершення фрезерування торців потрібно звільнити деталь. Для цього слід припинити подачу повітря в поршневу порожнину – встановлена перед циліндром пружина автоматично розблокує заготовку.

До столу плита закріплюється за допомогою 2-ох стандартних болтів М17.

3.2 Розрахунок пристрою для обробки отвору

3.2.1 Опис і принцип роботи пристрою

Пристрій призначений для обробки отвору у заданій деталі. Пристосування – спеціальне, одномісне із пневмоприводом.

Деталь закріплюється у пристосуванні за допомогою торцевої поверхні $\varnothing 32$, яка в цій операції виступає як головна базова поверхня. По цій поверхні накладаються три фіксуючі зв'язки, що усувають три ступені вільності деталі. Бокова циліндрична поверхня деталі $\varnothing 28$ служить направляючою базовою поверхнею, по якій додаються ще два зв'язки, обмежуючи ще дві ступені вільності. У результаті, при закріпленні деталі у пристрої, вона втрачає п'ять ступенів вільності, що є достатнім для надійної фіксації.

Пристрій має самоцентрувальну конструкцію. Для підвищення точності центрування кулачки поз. 14 розточуються у середньому положенні штока поз. 7 на діаметр затискної поверхні деталі, що у цьому випадку становить $\varnothing 28$. При цьому поверхня кулачків повинна залишатися незагартованою. Розточування виконується з урахуванням базового центрального отвору - Д під час налаштування пристрою.

Кулачки поз. 14 є змінними і закріплюються за допомогою сухарів поз. 13 на рухомій рейці поз. 11. Ця рейка здійснює зворотно-поступальні рухи в направляючих планках поз. 5. Передача зворотно-поступального руху до рейок поз. 11 здійснюється через шток поз. 7 пневмокамери поз. 3 за посередництвом важелів поз. 10.

Під час затискання деталі, яка обробляється, повітря під робочим тиском спрямовується у верхню штокову порожнину пневмокамери. Це призводить до опускання штока (поз. 7) вниз, при цьому важіль (поз.10) повертається навколо осі (позиція 16), впливаючи на рейки (поз.11). Таким чином, рейки синхронно

переміщують встановлені на них притискні кулачки, які затискають деталь. Деталь розміщують на горизонтальних площадках трьох кулачків (поз. 14).

При розтискуванні деталі повітря під невеликим тиском подається в нижню штокову порожнину пневмокамери. Шток (поз. 7) піднімається вгору, розводячи кулачки у сторони від притискної поверхні деталі, таким чином звільняючи її від дії затискної сили пристрою. Схема базування деталі в пристрої наведена на рисунку 3.1.

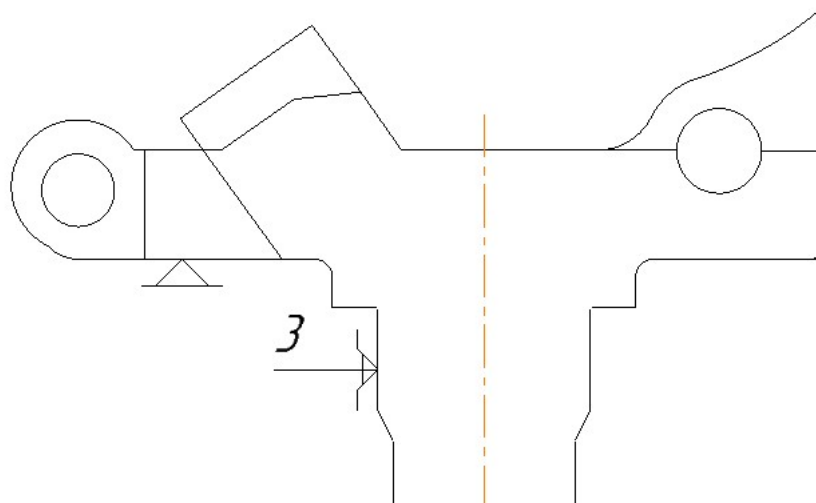


Рисунок 3.3 – Схема базування деталі, що обробляється в пристрої

3.2.2 Розрахунок затискної сили пристрою

Розрахунок сили затиску пристосування Q , яка впливає на оброблювану деталь через циліндричну поверхню $\varnothing 55$, виконується з урахуванням максимального значення моменту сил різання, що виникає під час фрезерування діаметрального пазу. Момент від дії сил різання, які з'являються при фрезеруванні діаметрального пазу, обчислюється за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (3.1)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (3.2)$$

де z – це число зубців фрези, $z = 6$;

n – частота обертання фрези, об/хв; $n = 1000$

C_p, x, y, n, q, w – це коефіцієнти [5].

$C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $n = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$.

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, який враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу, відмінні від табличних.

Режими різання при фрезеруванні такі: $S_z = 0,07 \text{ мм/зуб}$, $D = 40 \text{ мм}$.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86. \quad (3.3)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 40^{0,86} \cdot 0,07^{0,72} \cdot 4,5^1 \cdot 6}{40^{0,86} \cdot 135^0} \cdot 0,86 = 2714 \text{ Н}.$$

$$M_{кр} = \frac{2714 \cdot 40}{2 \cdot 1000} = 54,28 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахункову схему визначення затискної сили пристрою Q зображено на рис.3.4.

Момент сил різання $M_{кр}$, що виникає під час фрезеруванні, амагається повернути оброблювану деталь навколо її осі. У свою чергу сили тертя $F_{тр}$, які виникають під дією затискних сил Q , на циліндричній поверхні деталі $\varnothing 28 \text{ мм}$, протидіють цьому провороту та утримують деталь у стабільному положенні.

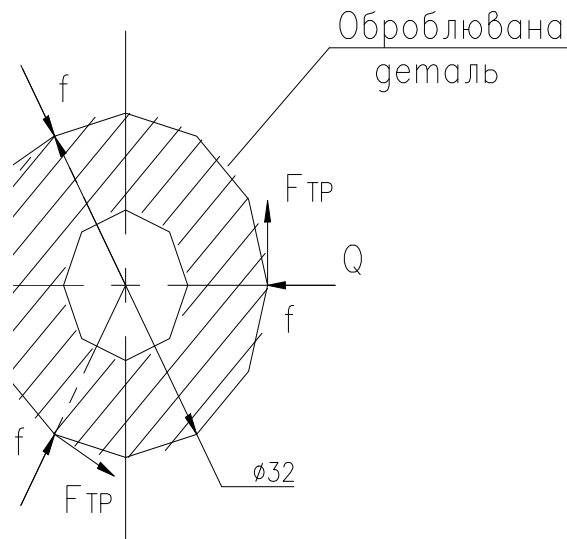


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема для визначення затискної сили пристрою Q.

Умова статичної рівноваги оброблюваної деталі, на яку діють дві активні сили – $M_{кр}$ і Q , формулюється так

$$K \cdot M_{кр} \leq \sum_{i=1}^3 M_{TPi}, \quad (3.4)$$

де $\sum_{i=1}^3 M_{TPi}$ - це сумарний момент сил тертя, які виникають на затисненій циліндричній поверхні деталі під дією сил Q ;

$$\sum_{i=1}^3 M_{TPi} = 3F_{TP} \frac{D}{2} = 3Q \cdot f \cdot \frac{D}{2},$$

Тоді умова (3.4) набуває такого вигляду

$$K \cdot M_{кр} \leq 3Q \cdot f \cdot \frac{D}{2}, \quad (3.5)$$

де $M_{кр}$ – це момент від дії сил різання під час фрезерування, який визначений вище, $M_{кр} = 5.428 H \cdot m = 5.428 \cdot 10^3 \text{ ктс} \cdot \text{мм}$;

K – коефіцієнт запасу визначимо за такою формулою

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.6)$$

де K_0 – це гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1.5$;

$K_1 = 1; K_2 = 1.4; K_3 = 1; K_4 = 1; K_5 = 1; K_6 = 1$.

Отже

$$K = 1.5 \cdot 1 \cdot 1.4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2.1;$$

f – коефіцієнт тертя на поверхні, яка затискається $f = 0.16$;

D – діаметр затискної поверхні даної деталі, мм; $D = 55$;

Розрахуємо значення затискної сили пристрою Q . За виразом (3.5) вона дорівнює:

$$Q \geq \frac{K \cdot M_{kp} \cdot 2}{3f \cdot D}, \text{ кгс},$$

$$Q \geq \frac{2.1 \cdot 5.428 \cdot 10^3 \cdot 2}{3 \cdot 0.16 \cdot 55} = 0.86 \cdot 10^3 \text{ кгс} = 0.86 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Отже, розраховане значення сили затиску пристосування буде дорівнювати $Q = 8.6 \text{ кН}$.

3.2.3 Розрахунок пневмопривода пристосування

Обчислення пневмоприводу фрезерного пристрою полягає у визначенні площі перерізу робочої порожнини камери, а також призначення геометричних характеристик, таких як діаметр камери та штока. Крім того, необхідно визначити робочий тиск у пневмокамері. Для цього визначимо сумарну силу P , яка діє на шток поз.7, пневмокамери зі сторони 3-х кулачків поз.14.

Ця сила прикладається до кільця поз. 6, яке жорстко зчеплене зі штоком поз.7.

Розрахункове значення сумарної сили P можемо визначити з умови

$$3 \cdot Q \cdot L_1 = P \cdot L_2 \cdot \eta,$$

або

$$P = \frac{3Q \cdot L_1}{L_2 \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

де Q – сила затиску пристрою, яка діє на оброблювану деталь зі сторони одного кулачка, $Q = 12200 \text{ кгс}$;

η – ККД передавального механізму (важеля поз.10), який враховує втрати на тертя на осі (поз.16) та у втулках поз.9 і поз.12, приймаємо його із таким значенням $\eta = 0.9$;

L_1 – довжина плеча важеля, яке ведуть, поз.10; $L_1 = 60 \text{ мм}$;

L_2 – довжина плеча важеля, яке веде поз.10; $L_2 = 60 \text{ мм}$.

Відповідно, сумарна сила P , яка діє на шток пневмокамери зі сторони 3-ьох кулачків (поз.14) буде дорівнювати

$$P = \frac{3 \cdot 520 \cdot 60}{60 \cdot 0.9} = 1734 \text{ кгс} = 17340 \text{ Н} .$$

Оскільки розрахункове значення сумарної сили P становить 1734 кгс, то обираємо стандартну пневмокамеру із діаметром $D = 320 \text{ мм}$, що забезпечує вихідне зусилля на штоку 1750 кгс, якщо хід штока дорівнює $0.3 \cdot D$.

3.2.4 Перевірочний розрахунок на міцність найбільш навантажених деталей пристосування

Найнавантаженишою деталлю пристрою є шток, поз.7. Його різьбовий кінець М27 знаходиться у стані простого одновісного розтягування, під час затиску деталі у пристосуванні. У небезпечних перерізах різьбової шийки штока можуть виникати нормальні напруження розтягу, але їх абсолютна величина не повинна бути більшою за допустиму величину.

Тоді умова міцності різьбової шийки штоку (поз.7) матиме вигляд:

$$\sigma_p = \frac{P \cdot K}{F_0} \leq [\sigma_p], \text{ Н/см}^2 \quad (3.8)$$

де P – це сумарна осьова сила, яка діє на шток зі сторони кулачків (поз.14)

$P = 520 \text{ кгс}$;

K – коефіцієнт, який враховує збільшення впливу осьової сили на шток зі сторони гайок (поз. 30), під час їхнього затиску; при цьому затиск не контролюється $K = 1.2$;

F_0 – це площа небезпечного перерізу різьбової шийки штока поз.7. Небезпечним перерізом різьбової шийки штока є переріз по внутрішньому діаметрі різьби М27, у якої внутрішній діаметр становить $d_1 = 23.75 \text{ мм}$, таким чином F_0 дорівнює:

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 23.75^2}{4} = 4.428 \text{ см}^2 \quad (3.9)$$

$[\sigma_p]$ – допустима напруга розтягування для матеріалу штоку (поз.7) для сталі 35 ДСТУ 7809:2015, термічною обробкою є поліпшення, $[\sigma_p] = 2100 \text{ кгс/см}^2$.

Тоді із умови міцності (за формулою 3.8) робочі навантаження дорівнюють:

$$\sigma_p = \frac{520 \cdot 1.2}{4.428} = 140 < 2100 \text{ кгс/см}^2.$$

Отже, умова міцності (за формулою 3.8) різьбової шийки штока поз.7 буде забезпечена, то робочі напруження розтягу у небезпечних порізах деталі не будуть перевищувати допустимі величини.

3.2.5 Розрахунок допустимої похибки виготовлення пристрою

Точність виконання розміру 16Н9 забезпечується інструментом. Просторове розташування вказаного розміру регламентується допуском на перпендикулярність його осі відносно торцевої поверхні $\varnothing 86$, що залежить від точності виготовлення привалочних поверхонь. Точність цих поверхонь пристрою обумовлюється допуском на перпендикулярність осі незагартованих кулачків (поз. 14) відносно установчої площини пристрою — поверхні Г.

Величина допуску симетричності вищезгаданих поверхонь, яка визначає похибку виготовлення пристрою, обчислюється за формулою.

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq \delta - k \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{\phi})^2 + \varepsilon_3^2 \cdot \varepsilon_{\text{вст}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \text{ мм}, \quad (3.10)$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ – допуск перпендикулярності осі отвору, який розточується $\varnothing 28$ у кулачках поз. 14 відносно площини пристрою Г;

δ – допуск перпендикулярності осі виконуваної поверхні деталі, відносно до торцевої поверхні $\varnothing 55$, за 10 ступенем точності, ГОСТ 10350-63; $\delta = 0.1 \text{ мм}$;

ε_{δ} – похибка базування деталі у пристрої, $\varepsilon_{\delta} = 0$, оскільки вимірювальна та установочна бази співпадають;

ε_3 – похибка закріплення деталі у пристосуванні, $\varepsilon_3 = 0.06 \text{ мм}$;

$\varepsilon_{\text{уст.}}$ – похибка установки пристосування на столі верстату, виходячи зі схеми установки, $\varepsilon_{\text{уст.}} = 0$;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ – похибка, яка виникає в результаті зношування установочних елементів пристрою, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0$;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – похибка пристосування, $\varepsilon_{\text{п}} = 0$, оскільки відсутні його направляючі елементи;

W – економічна потужність обробки, яку знаходимо за пасртом верстата, $W = 0.05 \text{ мм}$; приймаємо $K_2 = 0.7$ і знаходимо

$$K_2 \cdot W = 0.7 \cdot 0.05 = 0.035 \text{ мм}.$$

K – коефіцієнт, який враховує потенційні відхилення від стандартного розташування окремих елементів., $K = 1.2$.

Відповідно розрахуємо

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0.10 - 1.2 \sqrt{0.06^2 + 0.035^2} = 0.017 \text{ мм}.$$

Приймається допуск перпендикулярності осі розточуваного отвору в незагартованих кулачках відносно установчої поверхні Г пристрою, рівний $\varepsilon_{\text{пр}} = 0.016 \text{ мм}$.

3.3 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

У сучасних умовах машинобудівного виробництва важливим завданням є підвищення продуктивності та точності засобів технічних вимірювань, що досягається шляхом активного впровадження контрольно-вимірювальних пристроїв.

Контрольно-вимірювальні пристрої являють собою спеціалізовані виробничі засоби вимірювання, у складі яких поєднуються базуючі, затискні, передавальні та вимірювальні елементи.

Базуючі системи забезпечують правильне позиціонування деталей, що перевіряються, відносно обладнання для вимірювання.

Затискні пристрої створені для надійного закріплення деталі в пристосуванні, не створюючи при цьому труднощів у використанні контрольного обладнання.

За допомогою контрольно-вимірювальних пристосувань здійснюється перевірка різних параметрів деталей і вузлів машин, серед яких:

- лінійні розміри (діаметри отворів і валів, довжини, висоти та глибини).
- взаємне розташування поверхонь;
- відхилення від точної геометричної форми деталей.
- нелінійні параметри, такі як пружність, твердість, герметичність стінок і зварювальних швів.

- випробування працездатності вузлів та машин в умовах, близьких до експлуатаційних або безпосередньо в них.

Конструкція кожного контрольного пристосування повинна відповідати різним вимогам, серед яких найважливішими є:

- оптимальна точність і продуктивність вимірювань;
- технологічність виготовлення;
- зносостійкість;
- зручність у експлуатації.

Загальна конструкція контрольного пристрою, усіх його складових елементів і вимірювальних засобів повинна бути спроектована таким чином, щоб, з одного боку, повністю відповідати вимогам контрольної операції, а з іншого боку — забезпечувати економічну доцільність його використання.

У цьому проекті контрольним вимірювальним пристроєм є пристосування для вимірювання співвісності. Допустима похибка вимірювання становить 0,02 мм, відповідно до ДСТУ 8.051:2018.

Конструктивно пристосування являє собою плиту, на якій встановлені дві стійки з втулками, в які вставлені центри. Центри слугують для закріплення деталі. Вимірювання виконується індикатором часового типу з ціною поділки 0,002 мм, що встановлений на штативі. Штатив має можливість переміщуватися по поверхні плити, яка оброблена до шорсткості 0,32.

Порядок виконання роботи на пристосуванні такий: деталь встановлюється в центри. Голку індикатора підводять до контрольованої поверхні, після чого стрілку індикатора встановлюють на нульову позначку. Потім деталь обертають, і стрілка індикатора фіксує максимальне та мінімальне відхилення.

Деталь вважається придатною у двох випадках:

1. Якщо при відхиленні стрілки індикатора в один бік від нуля максимальне значення не перевищує допустиму величину співвісності.

2. Якщо при показниках стрілки індикатора в різні боки від нуля сума абсолютних значень максимального і мінімального відхилення не перевищує допустиму величину співвісності.

Розділ 4. Застосування мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) для верстатів при різних умовах різання

Система мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) призначена для подачі рідини безпосередньо в зону різання, забезпечуючи охолодження інструменту та зменшуючи контактне тертя. Її використання сприяє зниженню механічних навантажень, уповільнює знос інструменту й покращує якість обробки. Це стосується як точності, так і гладкості поверхні деталі. Застосування МОР особливо важливе під час роботи з матеріалами, що схильні до значного нагрівання у процесі обробки. До таких належать метали, камінь і скло. Перегрів інструменту суттєво скорочує термін його служби та негативно впливає на якість оброблюваних заготовок, що чітко видно при порівнянні деталей, виготовлених на верстатах із системою МОР та без неї.

4.1 Мастильно-охолоджуючі рідини для токарних верстатів

Навіть початківець у сфері обробки металів добре знає, що під час виконання токарних робіт на верстаті необхідно обов'язково користуватися мастильно-охолоджувальними рідинами (МОР). Використання таких технічних засобів, склад яких може варіюватися, дозволяє вирішувати кілька важливих завдань одночасно:

- ефективно охолоджувати різець у процесі обробки, що продовжує термін його експлуатації
- забезпечувати високу якість обробленої поверхні заготовки
- збільшувати продуктивність при різанні металу

Мастильно-охолодні рідини, що застосовуються в токарній обробці, поділяються на дві основні категорії.

МОР на водній основі. Рідини цієї категорії характеризуються високими показниками охолодження. Вони ефективно поглинають тепло, яке утворюється під час токарної обробки, та оперативно відводять його із зони різання.

МОР на основі масла. Хоча ці рідини мають гірші властивості в плані тепловідведення, вони забезпечують чудове змащування поверхонь інструмента і заготовки, що є їхньою основною перевагою.

Основні види мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), що застосовуються для токарного оброблення металів, включають наступне.

Розчин кальцинованої технічної соди (1,5%) в кип'яченій воді. Ця рідина використовується для чорнового обточування на токарних верстатах.

Водний розчин, який містить 0,8% кальцинованої соди і 0,25% нітриту натрію. Нітрит натрію покращує антикорозійні властивості МОР, що також робить цей склад ефективним для чорнового оброблення.

Розчин на основі кип'яченої води з додаванням 1,5% тринатрійфосфату. За дією подібний до розчину з кальцинованою содою, але має дещо інші характеристики.

Водний розчин із вмістом 0,8% тринатрійфосфату та 0,25% нітриту натрію. Він характеризується покращеними антикорозійними властивостями і застосовується для чорнового обточування.

Розчин на основі кип'яченої води з такими компонентами: калійне мило (0,5–1%), кальцинована сода або тринатрійфосфат (0,5–0,75%) та 0,25% нітриту натрію.

Водний розчин із 4% калійного мила та 1,5% кальцинованої соди.

Ці мастильно-охолоджуючі рідини (МОР) підвищують ефективність токарних операцій завдяки своїм властивостям, таким як зниження тертя і захист від корозії.

МОР, до складу яких входить мило, використовуються для виконання як чорнового, так і фасонного точіння на токарних верстатах. Калійне мило при потребі може бути замінено іншим милом, за умови, що воно не містить хлоридних сполук. Один із варіантів таких МОР містить водний розчин із додаванням емульсолу Е-2 (2-3%) і кальцинованої технічної соди (1,5%). Ця рідина підходить для обробки деталей, до яких не висуваються високі вимоги щодо чистоти

обробленої поверхні. Така емульсія дозволяє працювати на високій швидкості верстата.

Для чистового точіння використовується водний розчин із вмістом 5-8% емульсолу Е-2 (Б) і 0,2% соди або тринатрійфосфату. Цей склад забезпечує точніше оброблення.

Інший склад включає емульсол на основі окисленого петролатуму (5%), соду (0,3%) і нітрит натрію (0,2%). Така МОР може застосовуватися як для чорнового, так і для чистового точіння, забезпечуючи отримання поверхонь із підвищеною чистотою.

Мастильно-охолоджуюча рідина на масляній основі складається на 70% із індустріального масла 20, на 15% — із лляної олії 2-го сорту і на 15% — із гасу. Цей склад використовується для нарізання високоточного різьблення та обробки деталей з дорогими фасонними різцями. Серед спеціалізованих МОР також виокремлюється сульфофрезол — масляниста рідина з додаванням активної сірки. Вона підходить для точіння деталей з невеликим перетином зрізу. Проте її використання при чорнових роботах, які супроводжуються інтенсивним нагріванням інструменту та заготовки, може бути небезпечним для оператора через утворення летких сірчистих сполук.

Розчин, що містить 90% сульфофрезолу та 10% гасу, використовується під час нарізання різьби, а також для глибокого свердління та чистової обробки заготовок. Чистий гас застосовують у випадках, коли на токарному верстаті обробляють деталі з алюмінію та його сплавів, а також при фінішній обробці з використанням хитких абразивних брусків.

Особливості використання мастильно-охолоджуючих рідин під час токарного оброблення потребують дотримання кількох простих правил. Витрата рідини, незалежно від того, чи є це емульсія, чи водний розчин, має становити не менше 10-15 літрів за хвилину. Починаючи токарне оброблення на верстаті, подачу МОР необхідно здійснювати з самого початку робочого процесу, оскільки різальний інструмент нагрівається дуже швидко. Якщо подати охолоджувальну

рідину із запізненням, різке охолодження перегрітої поверхні різця може призвести до утворення тріщин.

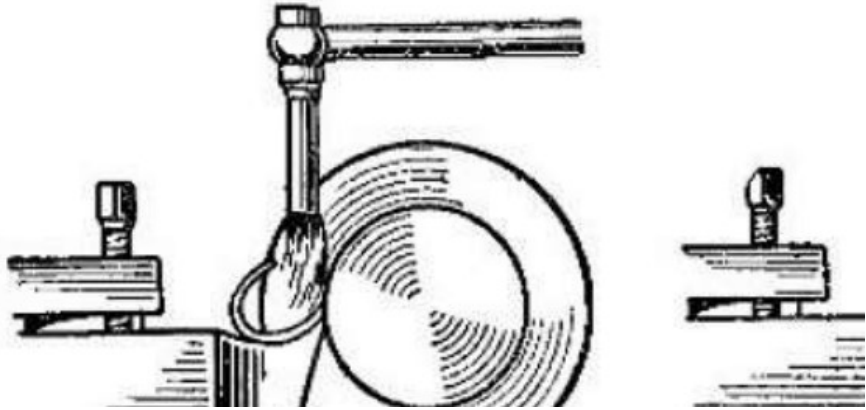


Рисунок 4.1 – Варіанти підводу мастильно-охолоджуючої рідини при токарному обробленні

Нещодавно впроваджено сучасний метод охолодження, який передбачає подачу тонкого струменя МОР на задню поверхню різця. Такий спосіб охолодження особливо ефективний під час обробки важкооброблюваних матеріалів на токарному верстаті з використанням інструментів із швидкорізальних сплавів..

4.2 Мастильно-охолоджуючі рідини для фрезерних верстатів.

Допустимий рівень зносу фрез, перевищення якого провокує різке зростання цього зносу, значною мірою визначається використанням мастильно-охолоджувальної рідини (МОР). При проведенні фрезерування в суху ($S = 98$ м/хв) максимальний допустимий знос фрез по кутах не перевищує 0,3 мм (хоча інколи руйнування фрези починалося вже при зносі 0,25 мм). За застосування водних МОР ця величина зростає до 0,35-0,4 мм. При використанні масляних МОР фрези зберігають свої ріжучі характеристики навіть при зносі по головній

задній грані в межах 0,4-0,5 мм, а для МОР типу МР-4 цей показник досягає 0,8-0,9 мм.

Зі збільшенням швидкості різання до 154 м/хв допустима величина зносу зменшується незалежно від застосовуваних видів МОР. Знос на завершальному етапі припрацювання при використанні водних МОР може бути у 1,5-2 рази більшим, ніж при роботі з масляними рідинами. Однак зі зростанням швидкості різання цей показник загалом знижується.

Фрезерування як процес розрізання металу характеризується переривчастим контактом інструмента із заготовкою. У зоні зіткнення інструмента та металу відбуваються суттєві перепади температури, яка часом може перевищувати 1000°C. У таких умовах використання охолоджувальної рідини нерідко піддає кромку інструмента різким термічним стресам, що може спричинити утворення мікротріщин і виведення інструмента зі строю. Таким чином, при чорновому фрезеруванні, коли швидкість різання висока і виділяється значна кількість тепла, застосування МОР не завжди обґрунтоване. Натомість під час чистової обробки регулювання температури робочих матеріалів стає необхідністю.

Разом із цим існують специфічні ситуації, у яких використання МОР є виправданим або навіть обов'язковим:

- чистове фрезерування нержавіючої сталі та алюмінію для уникнення налипання металевих частинок на оброблювану поверхню;
- обробка жароміцних сплавів на низьких швидкостях різання з метою зменшення тертя та охолодження заготовки;
- обробка чавуну для осадження й змивання його частинок, що сприяє покращенню екології, здоров'я операторів і підвищенню якості виготовлених деталей;
- фрезерування тонкостінних деталей для забезпечення стабільності їх геометрії та запобігання деформаціям;
- евакуація стружки з глибоких пазів за допомогою стисненого повітря з домішками спеціального масла (так зване охолодження масляним туманом).

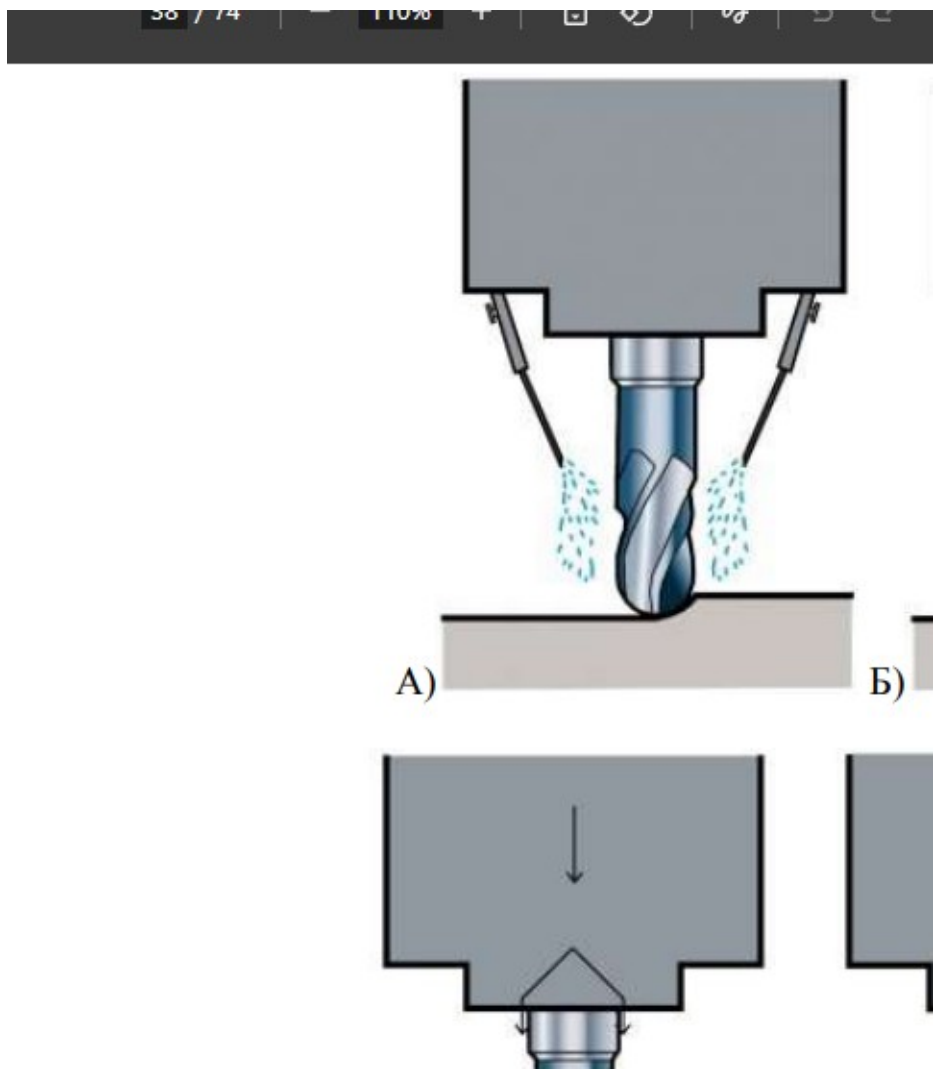


Рисунок 4.2 – а) Масляний туман; б) Стиснене повітря;
в) Рясний внутрішній підвід; г) Зовнішній підвід МОР

Охолодження інструментів також може здійснюватися за допомогою газоподібних речовин. Деякі охолоджувальні рідини, зокрема мастильно-охолоджувальні, не лише знижують тертя між поверхнями фрези та оброблюваного металу, але і видаляють металеву стружку, що утворюється в процесі різання.

Використання мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) забезпечує ряд переваг:

- зниження енергоспоживання під час технологічного процесу;
- покращення якості обробки поверхонь;
- подовження терміну служби інструментів.

Вибір охолоджувальної рідини залежить від типу обробки та матеріалу. Важливо враховувати, що понад 50% тепла виділяється під час деформації металу, а решта — внаслідок тертя. З урахуванням цих факторів підбирається відповідна рідина. Змащувальні властивості масел сприяють зниженню тертя, тоді як ефективність охолодження забезпечує вода, котра утворює розчини або емульсії при змішуванні з маслом.

МОР починають працювати з перших секунд обробки, тому їх слід подавати безперервно. При виконанні чорнових операцій об'єм рідини може становити до 30 літрів на хвилину, тоді як для чистової обробки достатньо близько 6 літрів на хвилину. Такий підхід дозволяє збільшити зносостійкість фрези в 2–5 разів.

Найчастіше використовуються емульсії, які отримують змішуванням води з милом та нафтовими маслами. Для чистової обробки застосовується водний розчин емульсолу, що включає мінеральне масло, мила і спирт. Для чорнових робіт більше підходить масляна емульсія, яка утворює на металі плівку, підвищуючи стійкість інструменту. Якщо утворюється крупна металева стружка, використовуються МОР із речовинами, які утворюють міцну плівку, стійку до руйнування при нагріванні та додаткових навантаженнях. Серед таких речовин популярні сульфозфрезоли (ооксидовані мінеральні масла) або суміші жирних кислот з мінеральними маслами.

Для подачі охолоджувальної рідини струменем використовують насоси та трубки-насадки. Для створення рідинного туману фрезерні верстати обладнуються змішувачами, наповненими емульсією, і системою подачі стисненого повітря. Повітря розпилює склад у вигляді дрібних крапель, які виконують одночасно функції змащування поверхні та тепловідведення.

Для охолодження також ефективно використовуються вуглекислий газ, стиснене повітря та азот. Наприклад, при охолодженні вуглекислим газом

подається газ із балонів, стислий і охолоджений до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цей метод ідеально підходить для роботи з важкооброблюваними металами (сталь, титан, хром, нікель).

Вибір МОР визначається наступними факторами:

- властивості матеріалу, який обробляється;
- тип інструменту та характеристики його матеріалу;
- вид та умови обробки.

До самих МОР висуваються такі вимоги:

- експлуатаційні (антипінні, антикорозійні, біостатичні характеристики);
- функціональні (здатність до охолодження, змащувальні та очищувальні властивості);
- санітарні (безпека для людей і довкілля, пожежо небезпечність).

4.3 Застосування мастильно-охолоджуючих рідин при свердлінні

Формування стружки з такою формою та розмірами, які забезпечують її легке видалення з отвору, є ключовим завданням при будь-якій операції свердління. Без належного відведення стружки робота свердла стає неможливою через забивання стружкових канавок і заклинювання свердла всередині отвору. Високоєфективна обробка отворів сучасними свердлами можлива лише при забезпеченні безперервного відводу стружки, що досягається за допомогою використання достатньої кількості охолоджувальної рідини. Завдяки сучасним інструментам можливе підведення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) через внутрішні канали свердла безпосередньо до зони різання. Це зменшує тертя та сприяє ефективному вимиванню стружки з отвору.



Рисунок 4.3 – Свердло з внутрішніми каналами під МОР.

5. Розділ безпеки життєдіяльності на виробництві

5.1 Аналіз технологічного процесу з точки зору охорони праці

Будь-який технологічний процес, впроваджений у виробництво, має відповідати нормам і правилам охорони праці. Це включає універсальні вимоги, що діють у всіх галузях народного господарства, міжгалузеві стандарти для кількох суміжних галузей та специфічні галузеві правила, характерні для окремих напрямків виробництва.

Особливе значення серед цих правил займають стандарти системи безпеки праці — комплекс взаємопов'язаних нормативів, спрямованих на забезпечення безпечних умов роботи. Контроль за дотриманням цих норм здійснюють спеціально уповноважені державні органи та інспекції, які функціонують незалежно від господарської діяльності підприємств. Окрім цього, контроль ведуть професійні спілки разом із технічними та правовими інспекціями праці. Загальний нагляд за точним виконанням трудового законодавства покладається на генерального прокурора держави.

Технологічний процес проєктується з урахуванням традиційного підходу для машинобудівного комплексу. Він охоплює етапи отримання заготовки, механічної обробки на металорізальних верстатах, перевірки на дефекти, транспортування та зберігання продукції.

Заготовка виготовляється шляхом лиття за випалюваними моделями. Цей метод є високопродуктивним, але пов'язаний із потенційною небезпекою для працівників. До шкідливих факторів належить виділення великої кількості пари та газів у робочу зону, зокрема аерозолів оксидів марганцю, цинку, ванадію, нікелю та інших металів і сполук. Ці речовини можуть потрапляти в організм через дихальні шляхи або шлунково-кишковий тракт. Робоча зона лиття характеризується значним тепловипромінюванням і можливістю відлітання

розжарених часток металу. Такі умови становлять ризик для органів зору, а також можуть викликати мікроопіки шкіри через високу температуру частинок.

Під час транспортування заготовок на дільницях механічної обробки, зважаючи на тип транспорту, можуть виникати ризики травмування через недбалість персоналу, забруднення навколишнього середовища технікою або використання несправного чи зношеного обладнання. Шкідливі викиди можуть включати відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання, витік електроліту через негерметичність акумуляторних батарей. Ризиком є також застосування тросів або редукторів зі строком експлуатації, що завершився. Крім цього, існує загроза ураження струмом при роботі з електропровідними машинами. Важливо ретельно вивчати та суворо дотримуватися технічних характеристик та умов експлуатації транспортних засобів.

Механічна обробка деталей зі сталі 45Л на токарних верстатах супроводжується утворенням зливної стружки. Вона має складну траєкторію руху, а її гострі краї можуть завдати працівнику серйозних травм. При високих швидкостях різання температура стружки може досягати 600–700°C, що створює ризик важких опіків. Окрім цього, зливна стружка швидко забруднює робоче місце та ускладнює її видалення з верстата й транспортування з цеху.

Щоб надати стружці безпечнішої та більш зручної форми, її завивають у неперервну спіраль або подрібнюють за допомогою відповідної геометрії різця, режиму різання чи стружколомачів.

Режими різання для швидкісного точіння сталі вибирають так, щоб забезпечити крихкість і полегшити подрібнення стружки. Це досягається збільшенням глибини різання або подачі. Стружколомачі виконують роль дроблення зливної стружки і можуть мати форму приварених чи напаяних пластин на різцях, накладних пластинчатих або пружинних пристроїв.

Зона різання є потенційно небезпечною під час будь-якої механічної операції. Важливо дотримуватися правил експлуатації обладнання конкретного типу.

Небезпеку також становлять рухомі частини верстатів і пристрої для закріплення інструментів чи деталей.

На токарних верстатах із ЧПУ марки 16K20Ф3 передбачено встановлення захисного екрану, який дозволяється знімати лише після завершення повного циклу обробки деталі та повної зупинки шпинделя.

Усі верстати живляться від електромережі, що створює ризик ураження електричним струмом. Задля безпеки необхідним є обов'язкове облаштування захисного заземлення. Під час роботи небезпечні вузли машин і механізмів утворюють зони підвищеного ризику – простори, де періодично чи постійно діють небезпечні або шкідливі виробничі фактори, здатні спричинити травми працівників. Такі зони можуть бути постійними або змінними.

До постійних зон належать, наприклад, області між пасом і шківом чи між зубцями шестерень. Змінні небезпечні зони виникають під час обробки деталей при зміні характеру операцій, режимів роботи, використовуваних матеріалів тощо.

Щоб уникнути нещасних випадків, усі небезпечні частини, що виступають, повинні бути захищені спеціальними кожухами. Їх виготовляють із листової сталі товщиною не менше 0,8 мм, листового алюмінію товщиною не менше 2 мм або з міцної пластмаси товщиною не менш як 4 мм.

На фрезерних і свердлувальних операціях пристрої для затиску деталей оснащені пневматичним приводом. У разі раптового відключення подачі стиснутого повітря може відбутися розкріплення деталі, що становить ризик травмування або виникнення нещасного випадку. Для запобігання подібним ситуаціям необхідно передбачити захисні механізми, які б убезпечували працівників або попереджали їх про потенційну небезпеку.

Під час використання мастильно-охолоджувальної рідини можливе її розбризкування, що загрожує здоров'ю працівників. Зокрема, вона може спричинити пошкодження органів зору або подразнення шкіри у працівників, які перебувають поруч. Однак мастильно-охолоджувальна рідина виконує й

позитивну функцію — вона зменшує розповсюдження пилу, сприяючи його стіканню разом із рідиною. Це особливо актуально під час шліфування, коли зона різання насичена металевим і абразивним пилом, що є надзвичайно небезпечним для здоров'я.

Загалом, проєктований технологічний процес здійснюється без використання високотоксичних, вибухонебезпечних та інших небезпечних для людини рідин. Майже всі потенційно небезпечні ситуації для здоров'я та праці робітників можна уникнути за умови дотримання правил експлуатації обладнання і норм охорони праці.

Працівники мають бути обладнані засобами індивідуального захисту для мінімізації впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Їм слід видавати спецодяг, головні убори, рукавички та затверджені запобіжні пристрої. Органи зору необхідно захищати спеціальними окулярами, що запобігають механічним ушкодженням. Для захисту органів дихання слід використовувати універсальні респіратори типу ФУ. Усі засоби захисту повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 12.4.011:2018.

5.2 Організація медичних оглядів працівників дільниці та профілактика професійних захворювань

Розвиток професійних та виробничо зумовлених захворювань, а також несприятливих змін у здоров'ї працівників (зростання загальної захворюваності, тимчасової втрати працездатності, випадків ускладнень після оперативних втручань, непереносимості ліків тощо) залежить, зокрема, і від початкового стану здоров'я працівника, особливо під дією шкідливих виробничих факторів.

Практично в кожному трудовому колективі можна виокремити групу працівників, які часто та довго хворіють (три і більше разів на рік), порівняно з тими, хто демонструє високу стійкість (резистентність) до того ж спектру та інтенсивності дії виробничих чинників і при медичних оглядах визнається

практично здоровими. Саме частий і тривалий рівень захворюваності цієї групи працівників (якщо вона є кількісно вагомою в рамках даного цеху, ділянки або виробництва загалом) суттєво впливає на підвищення загального рівня захворюваності серед персоналу.

Варто зазначити, що зі зменшенням інтенсивності дії виробничих факторів роль початкового стану здоров'я у формуванні ризиків розвитку патологій суттєво зростає. З огляду на це, поряд із технологічними, планувальними та технічними заходами щодо зниження шкідливого впливу виробничих факторів особливе значення приділяється ініціативам, спрямованим на підвищення стійкості організму працівників.

Заходи такого характеру вживаються в рамках надання медико-санітарної підтримки працівникам і включають:

1. Медичні огляди: попередні (при прийомі на роботу) та періодичні (протягом усього трудового періоду) для осіб, які працюють у шкідливих умовах.
2. Організацію лікувально-профілактичного харчування.
3. Використання адаптогенів (препаратів, що підвищують стійкість організму до шкідливих чинників), лікарських засобів чи натуральних препаратів для індивідуальної етіологічної або патогенетичної профілактики негативного впливу виробничого середовища.

Основним завданням попередніх медичних оглядів є відбір осіб, стан здоров'я яких дозволяє працювати в умовах шкідливих виробничих факторів. До роботи допускаються ті, чий початковий стан здоров'я забезпечує високий рівень стійкості до негативного впливу зовнішнього та виробничого середовища, характерного для їхньої професійної діяльності. Навпаки, особи з патологічними станами, які знижують стійкість організму до несприятливих чинників чи можуть погіршуватися під їхнім впливом, або коли є обидва ці фактори одночасно, до роботи не допускаються. Такі стани класифікуються як медичні протипоказання до виконання робіт із шкідливими та небезпечними речовинами чи несприятливими факторами. Це сприяє запобіганню захворюванням та нещасним

випадкам, забезпечуючи безпеку праці. Протипоказання поділяються на загальні та спеціальні (додаткові до загальних), причому останні залежать від конкретного чинника, пов'язаного з професійною діяльністю. Основні групи таких факторів включають хімічні, біологічні, промислові аерозолі та фізичні перевантаження.

Періодичні медичні огляди мають на меті виявлення працівників із початковими ознаками професійних чи виробничо-зумовлених захворювань або з відхиленнями у стані здоров'я, які перешкоджають продовженню роботи в шкідливих умовах. Це дозволяє вчасно розпочати їх лікування, зберегти здоров'я і працездатність. Частота оглядів, склад лікарської комісії та перелік необхідних досліджень визначаються з урахуванням характеру виробничих факторів і специфіки трудового процесу. У разі впливу комплексу шкідливих факторів огляд повинен враховувати їх сумарний вплив. Працівники, які контактували з факторами, що можуть викликати віддалені наслідки (наприклад, берилій, пил, який викликає силікоз, радіоактивні та канцерогенні речовини), після завершення такої діяльності повинні щороку проходити огляди в лікувально-профілактичних закладах за місцем колишньої роботи або проживання.

Велике значення у підвищенні стійкості організму до негативного впливу виробничих факторів, особливо хімічної природи, має правильне харчування. Для працівників, які піддаються дії токсичних речовин, надзвичайно важливо організувати спеціалізоване харчування, яке компенсує вплив цих елементів на організм. Зокрема, важкі метали можуть викликати порушення обміну білків та мікроелементного балансу. Такі елементи, як мідь, цинк, залізо, йод та бром, хоч і життєво необхідні, при надмірному накопиченні призводять до розладу біохімічних процесів. Крім того, багато токсичних речовин - наприклад, важкі метали, бензол та його похідні, анілін - провокують розвиток анемії. Це стає причиною швидкої втомлюваності, слабкості та дратівливості. У разі дефіциту заліза анемія супроводжується зниженням клітинного імунітету, що підвищує ризик захворювань через умовно-патогенну мікрофлору.

Основою лікувально-профілактичного харчування є раціональне харчування,

побудоване з урахуванням особливостей метаболізму ксенобіотиків (чужорідних сполук) в організмі. Воно включає компоненти їжі, які мають захисний ефект у разі впливу хімічних речовин, а також шкідливих факторів фізичної чи біологічної природи. Основні завдання лікувально-профілактичного харчування полягають у наступному:

1. Зменшення всмоктування шкідливих речовин із травного каналу в організм.
2. Прискорення виведення токсичних речовин та продуктів їх метаболізму.
3. Підвищення загальної опірності організму до впливу небезпечних виробничих чинників.
4. Захист окремих органів і систем від токсичного впливу.
5. Зміна метаболізму шкідливих речовин, що сприяє зниженню токсичності утворених метаболітів.

Наприклад, уповільнити всмоктування токсичних речовин із травного тракту можна за допомогою пектинових сполук. А прискорити їх виведення – шляхом збагачення раціону харчування біологічними антагоністами (наприклад, використання солей міді для протидії впливу молібдену чи кальцію при надлишку стронцію).

Враховуючи важливість печінки як основного біохімічного органу організму та її часту уразливість до дії токсичних речовин, раціони лікувально-профілактичного харчування включають продукти, які сприяють нормалізації функцій печінки (зокрема, ліпотропні речовини). Водночас рекомендується обмежувати споживання продуктів, що погіршують її роботу. Дотримання цих принципів необхідне не лише в умовах спеціалізованого харчування, але й під час організації домашнього раціону для осіб, зайнятих на шкідливих виробництвах.

Раціони лікувально-профілактичного харчування повинні задовольняти пластичні та енергетичні потреби організму, забезпечуючи при цьому детоксикаційний ефект. Вони мають сприяти швидкому виведенню токсичних речовин, хімічному зв'язуванню та біохімічній нейтралізації їх впливу. Особливу

роль у цьому відіграють білки – насамперед ті, що містяться в продуктах тваринного походження (яловичина, м'ясо кролика, яйця, сир, риба та рибні продукти). Водночас певну кількість білків можна отримувати і з рослинних продуктів таких, як квасоля, горох, соя, гречана і вівсяна крупи, які мають важливе значення у харчуванні.

Для запобігання та усунення анемії необхідно урізноманітнити раціон харчування не лише якісними білками, а й вітамінами, зокрема аскорбіновою та фолієвою кислотами, а також мікроелементами, які беруть участь у процесах кровотворення і транспортування кисню з легень до тканин (залізо, марганець, мідь, кобальт). Основні джерела легкозасвоюваних форм цих мікроелементів – м'ясні продукти.

Щоб уникнути накопичення продуктів окислення ліпідів, доцільно включати до раціону харчування поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), що містяться у рослинній олії (соняшниковій, лляній, кукурудзяній), а також вітамін Е (токоферол), який є одним із ключових харчових антиоксидантів.

Раціон працівників хімічних підприємств повинен бути багатий на вітаміни, особливо РР (ніацин), В4 (холін), В6 (піридоксин), В12 (ціанкобаламін), фолієву кислоту та вітамін С.

Оскільки серед осіб, які контактують із токсичними речовинами, часто зустрічаються захворювання травного тракту, такі як гастрити, гастродуоденіти, гепатити, жовчнокам'яна хвороба, коліти та закрепи, харчові раціони повинні бути помірними за вмістом жирів і збагаченими рослинними волокнами. Овочі (картопля, кабачки, морква, буряк, капуста, шпинат, гарбуз, салат) і фрукти (яблука, сливи, груші, вишні) мають переважати над борошняними виробами. Надмірне вживання жирів небажане також через те, що вони сприяють посиленому всмоктуванню жиророзчинних токсичних сполук, зокрема вуглеводнів і їхніх галогеновмісних похідних.

Видача та призначення лікувально-профілактичного харчування і вітамінних препаратів працівникам, інженерно-технічному персоналу та службовцям

здійснюється відповідно до визначеного переліку виробництв, професій і посад, що передбачають право на безкоштовне отримання лікувально-профілактичного харчування через особливо шкідливі умови праці, а також згідно з відповідними змінами до цього переліку. Харчування надається лише в дні фактичного виконання трудових обов'язків або під час лікування у разі професійних захворювань за умови відсутності госпіталізації. Лікувально-профілактичне харчування видають перед початком роботи у формі гарячих сніданків або під час обідньої перерви. Заміну окремих продуктів іншими допускають у виключних випадках відповідно до встановлених норм взаємозамінності.

Одним із головних продуктів спеціального харчування на хімічних підприємствах є молоко, відоме збалансованим вмістом незамінних амінокислот, високою засвоюваністю жирів і корисних вітамінів. Жири молока та молочних продуктів багаті на жиророзчинні вітаміни, особливо ретинол (вітамін А). Крім того, молоко містить водорозчинні вітаміни групи В, переважно тіамін (В1) і рибофлавін (В2). Мінеральний склад молока вирізняється значною кількістю легкозасвоюваного кальцію та його оптимальним співвідношенням із фосфором. Воно також багате на калій і натрій, які сприяють сечовиділенню та виведенню токсинів з організму. Особливе значення в лікувальному харчуванні мають кисломолочні продукти, що легше засвоюються, стимулюють травлення, нормалізують діяльність кишечника і пригнічують активність шкідливих мікроорганізмів. Регулярне споживання молока зміцнює опірність організму до негативних чинників виробничого середовища.

Видача молока працівникам і службовцям регламентується переліком хімічних речовин, контакт із якими обумовлює профілактичну необхідність його вживання або заміни іншими рівноцінними продуктами харчування. До таких продуктів належать кефір, кисле молоко, ряжанка, мацоні тощо. Для працівників, які безкоштовно отримують раціони лікувально-профілактичного харчування, молоко не передбачено. Людям, що контактують з неорганічними сполуками, у робочі дні також надається по 2 г пектину у вигляді рослинних харчових

продуктів або фруктових соків. Особливістю раціонів гарячих цехів чорної металургії є видача вітамінів безкоштовно. Вони можуть надаватися як у вигляді драже лікарських засобів, так і додаватися до раціону харчування. Для запобігання руйнуванню вітамінів під час термічної обробки їх необхідно додавати до страв безпосередньо перед подачею.

Пектини – органічні сполуки, які відіграють важливу роль у виведенні промислових токсинів з організму. Вони здатні зв'язувати іони металів у травному тракті, формуючи нерозчинні комплекси, що не засвоюються та виводяться з організму. Крім того, пектини разом із харчовими волокнами стимулюють перистальтику кишечника, сприяючи ефективному виведенню шкідливих речовин. Багатими на пектин є продукти, такі як зелений горошок, буряк столовий, чорна смородина, морква, редис, солодкий перець, гарбуз, баклажани, яблука, абрикоси, айва, черешня, сливи, груші та цитрусові. Також джерелом пектинів можуть бути фруктові та овочеві соки з м'якоттю, а також інші продукти, збагачені пектином, наприклад фруктові пюре, напої, киселі, сиропи, мармелад і желе.

Включення в раціон продуктів із високим вмістом пектину та вітамінів має значну профілактичну роль. Вони сприяють захисту організму від токсичних впливів, наближаючи їхню дію до індивідуальних етіологічних і патогенетичних засобів профілактики.

Працівникам хімічної промисловості доцільно використовувати адаптогени – речовини, що підвищують загальну стійкість організму та його адаптацію до впливу навколишніх факторів. Серед найефективніших адаптогенів виділяються препарати елеутерокока, флавоноїди, комплекси вітамінів та амінокислот, білково-вітамінні комплекси та певні мікроелементи. Особливо важливим є їх поєднання з іншими корисними компонентами, такими як біостимулятори чи коферменти.

Продукти бджільництва також можуть відігравати значну роль у детоксикації організму. Мед, прополіс, маточне молочко, квітковий пилок (перга), а також

бджолина отрута мають багатий склад елементів, органічних кислот і вітамінів. Ці продукти стимулюють обмін чужорідних сполук та підтримують природні механізми очищення організму.

Виведення токсичних речовин здійснюється через нирки, кишечник, легені та частково через шкіру. Тому працівникам хімічних підприємств рекомендовано вживати трав'яні настої, регулярно відвідувати сауну для стимуляції потовиділення, підтримувати роботу кишечника за допомогою клізм та виконувати дихальні вправи для покращення легеневої вентиляції.

Зазначено, що здоров'я людини на 50% залежить від способу життя. Ця висока значимість пояснюється тривалим впливом способу життя на організм протягом усього індивідуального розвитку. Здоровий спосіб життя матері вже під час вагітності позитивно впливає не лише на перебіг вагітності й пологи, але й на майбутнє здоров'я дитини. Спосіб життя визначає стан організму особливо у критичні періоди – такі як перший рік життя, статеве дозрівання чи клімактеричний період. Він характеризується широким спектром складових – як позитивних (режим праці й відпочинку, фізична активність, раціональне харчування), так і негативних (шкідливі звички, надмірне вживання алкоголю, куріння чи інформаційне перевантаження). Спільна дія цих факторів значно впливає на загальний рівень здоров'я людини.

Здоровий спосіб життя - це усвідомлене в своїй необхідності постійне дотримання гігієнічних правил і вимог, направлених на збереження і зміцнення індивідуального і суспільного здоров'я - основи високої і тривалої працездатності, активного довголіття, оптимістичного світосприймання і особистого щастя. Здоровий спосіб життя передбачає відмову від самолікування, вчасне звертання по медичну допомогу і виконання розпоряджень лікаря, використання психопрофілактики.

Типовими порушеннями в образі життя є порушення режиму праці і відпочинку, зокрема скорочення тривалості нічного сну, об'їдання перед сном, недостатнє фізичне навантаження протягом дня, прослуховування галасливих

передач і перегляд емоційно насичених програм перед сном, надмірне вживання в їжу білків і жирів тваринного походження, нерегулярна їда, ігнорування фізичних вправ і гартування. Людина, яка веде нездоровий спосіб життя, не встигає відпочити і відновити свої сили (працездатність) до початку наступного робочого дня (робочого тижня), стає дратівливою, вона не в змозі адекватно реагувати на виробничу обстановку, зокрема на відхилення в режимі роботи устаткування, хворобливо сприймає зауваження начальства, легко вступає в конфлікт з оточуючими. Все це негативно позначається на продуктивності праці, може сприяти травматизму.

Поєднання перерахованих вище і інших порушень в образі життя формує той фон, на якому особливо легко реалізується несприятлива дія куріння, наркотичних засобів, алкоголю. Масштаб небезпеки цих чинників шкідливих звичок визначається збільшенням числа осіб, які добровільно піддають себе ризику, пов'язаному з дією на організм алкоголю, тютюну, наркотиків, залученням в цю згубну для фізичного і психічного здоров'я пастку осіб молодого віку (зокрема шкільного віку) і особливо майбутніх матерів, а також серйозністю соціальних і медичних наслідків цих звичок.

Більшість курців, осіб, що вживають алкогольні напої і (або) наркотики, представляють згубність своїх дій, але не можуть знайти в собі сили позбавитися шкідливих звичок. Вони схильні зменшувати оцінку добровільного ризику, пов'язаного з шкідливими звичками, і перебільшувати оцінку т.з. вимушеного ризику, обумовленого порушенням умов мешкання і трудової діяльності. Тим самим вони знаходять моральне виправдання нездатності кинути палити, відмовитися від зловживання алкоголем або прийому наркотиків.

Серед шкідливих звичок лінь займає одне з найнебезпечніших місць, адже саме вона часто стає джерелом інших відхилень від здорового способу життя. Бездіяльність, незайнятність, відчуття власної низької соціальної значущості породжують негативні емоції, для подолання яких людина шукає протиприродні шляхи, такі як вживання алкоголю, наркотиків, токсичних речовин або куріння.

Досліджено, що довгожителі ніколи не проводили життя у ледарстві. Навпаки, вони зберігали високу розумову та фізичну активність, залишаючись працездатними навіть у похилому віці. Це здебільшого життєрадісні люди з почуттям гумору, які активно взаємодіяли з соціумом і отримували позитивні емоції від цього процесу. Вважається, що така соціальна активність і оптимістичний настрій формують психологічний стан, який люди часто асоціюють із щастям.

Спосіб життя значним чином впливає не лише на індивідуальне здоров'я, а й на благополуччя сімей, трудових колективів і суспільства загалом. У цьому контексті важливу роль відіграють фактори довкілля: екологічна свідомість, дотримання заходів із збереження чистоти природи та турбота про її охорону. Надзвичайно важливо, щоб кожен громадянин свідомо долучався до компенсації збитків, завданих природі попередньою недалекою господарською діяльністю суспільства.

Формування здорового способу життя має стати головною метою освітніх і виховних програм для всього населення. Цей процес слід розпочинати ще в ранньому дитинстві й інтегрувати в усі етапи загальної та професійної освіти.

5.3 Розрахунок загального штучного освітлення дільниці

Загальне рівномірне освітлення виробничого приміщення передбачається забезпечити за допомогою світильників, оснащених люмінесцентними лампами.

Відомі габарити приміщення:

- довжина – $a=36\text{м}$.
- ширина – $b=18\text{м}$.
- висота – $h=8,4\text{м}$.

Тип світильника із люмінесцентними лампами – ПВЛМ – ДР-2х80.

Висота розташування світильників над робочою поверхнею становить – $H_p = 6\text{м}$.

Коефіцієнти відбиття:

- від стелі – $\rho_n = 70\%$;
- від стін – $\rho_c = 50\%$;
- від робочої поверхні – $\rho_p = 10\%$.

1. Вибираємо лампи із потужністю $P_l = 80\text{Вт}$ типу ЛБ-80-4.

Розрахунковий світловий потік лампи складе $\Phi_l = 4960\text{Лм}$.

2. Розрахуємо індекс приміщення

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p \cdot (a + b)} = \frac{36 \cdot 18}{6 \cdot (36 + 18)} = 2 \quad (6.1)$$

де a, b – довжина та ширина приміщення, м.

H_p – це висота розташування світильників над робочою поверхнею, м.

3. Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N_p = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta} \quad (6.2)$$

де E_n – це нормативне значення освітленості, Лк; $E_n = 200$; а

S – площа приміщення:

$$S = a \cdot b = 36 \cdot 18 = 648\text{м}^2, \quad (6.3)$$

K – коефіцієнт запасу, який для механічних цехів із металорізальними верстатами становить $K = 1.5$;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, за умови освітлення люмінесцентними лампами: $Z = 1.1$;

n – кількість ламп у світильнику; який для ПВЛМ складає – ДР-2x80: $n = 2$;

η – це коефіцієнт використання світлового потоку для сукупності умов:

ПВЛМ – ДР-2x80;

Коефіцієнти відбиття:

- від стелі – $\rho_n = 70\%$;
- від стін – $\rho_c = 50\%$;
- від робочої поверхні – $\rho_p = 10\%$.

Індекс приміщення – $i = 2$;

$\eta = 0.59$.

$$N_p = \frac{200 \cdot 648 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{2 \cdot 4960 \cdot 0.59} = 36.5 \text{ шт.}$$

Приймаємо фактичну кількість $N_\phi = 40 \text{ шт.}$ Передбачається можливе розташування світильників у чотирьох рядах по десять штук у кожному ряду.

4.Перевіряємо виконання цих умов:

$$E_\phi \leq E_H + 20\% = 240 \text{ Лк};$$

$$E_\phi \leq E_H + 10\% = 180 \text{ Лк};$$

де E_ϕ – це фактична освітленість, яка визначається за формулою

$$E_\phi = E_H \frac{N_\phi}{N_p} = 200 \frac{40}{365} = 220 \text{ Лк} \quad (6.4)$$

Прийнята кількість світильників відповідає допустимим межах відхилення освітленості.

5.Питома потужність освітлювальної системи становить

$$P_{II} = \frac{P_l \cdot N_\phi \cdot n}{S}, \quad (6.5)$$

де P_l – це потужність лампи, Вт; $P_l = 80$.

$$P_{II} = \frac{80 \cdot 40 \cdot 2}{648} = 9.88 \text{ Вт/м}^2.$$

Креслимо у масштабі схему розташування світильників на плані приміщення:

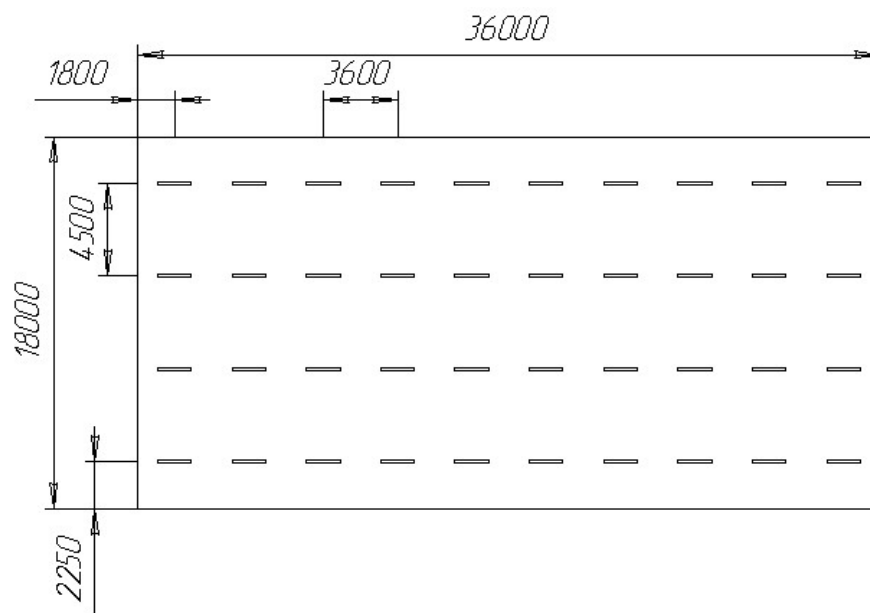


Рисунок 5.1 - Схема розташування світильників на плані приміщення

ВИСНОВКИ

Результатом виконання дипломного проєкту стало створення нового технологічного процесу обробки піввісі, заснованого на аналізі існуючого на підприємстві процесу, який, на нашу думку, мав певні недоліки.

У рамках проєкту було запропоновано замінити обладнання на операціях 025 і 030 на більш економічно вигідне.

У теоретичній частині виконано техніко-економічне обґрунтування вибору заготовок та технологічного процесу обробки, що підтвердило економічну доцільність запропонованого варіанту. Проведено розрахунки припусків на механічну обробку, які забезпечують раціональне використання металу для виробництва деталі, а також визначено режими обробки, що гарантують високу точність і якість виконаних операцій.

Спроектвано пристрій для фрезерування торців, а також контрольний пристрій для перевірки співвісності отвору з діаметром 12 мм відносно осі шийки діаметром 30 мм.

Економічні розрахунки в межах проєкту підтверджують обґрунтованість прийнятих рішень і ефективність запропонованих змін у цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502«Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник./Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
5. 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.
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, 2013. 371 с.
7. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.
8. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ,1995. 465 с.
9. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
10. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

11. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
12. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
13. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
14. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.
15. П.А. Лінчевський та ін. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8
16. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.
17. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.
18. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.