

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
Назва теми

«Корпус 318.430.5» з використання верстатів з ЧПК

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.23.27.ПЗ

Виконав студент <u>2</u> курсу група <u>ПМТмз-22-1</u> <small>Шифр</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Вадим ТКАЧУК</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Керівник <u>канд. техн. наук, доцент</u> <small>Науковий ступінь, звання</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Віталій ТКАЧУК</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Нормоконтролер <u>канд. техн. наук, доцент</u>	 <small>Підпис</small>	<u>Сергій БИСЬ</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
До захисту допускаю: Завідувач кафедри <u>технології машинобудування</u> <small>Назва</small>	 <small>Підпис</small>	<u>Віталій ТКАЧУК</u> <small>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ</small>
Дата « » 2023		

Хмельницький 20 23

Завідувачу кафедри

ТМ Теачуку В.П.

здобувача вищої освіти (студента
ПФ, факультет, «курс», «група»)

Гітарчука В.П.
ПМІЗ-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (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 (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

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

26.12.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі "Корпус 318.430.5" з використанням верстатів з ЧПК

Автор Титарчук Вадим Петрович

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна Механіка

Науковий керівник: Титарчук Віталій Павлович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

..... Текст вважається унікальним і не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням.....

Дата

Завідувач кафедри



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Тітарчук Вадим Петрович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 318.430.5» з використання верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
[Підпис]

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Тітарчук В. П. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 83,33 %, задовільно 16,67 %, шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 63,64 %, D 27,27 %, E 9,09 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Тітарчук Вадим Петрович приступив до виконання дипломної роботи вчасно та систематично укладав над її виконанням. Виходячи з цього виконав згідно із завданнями та підтвердив виконав згідно з кваліфікаційними роботами, записками та уривками оформленими згідно ДСРЧ та засвідчує на підпису.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

Віктор Ткачук
[Підпис]

• 26 • грудня 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Тітарчук В. П. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування
[Підпис]

Віталій Ткачук
[Підпис]

• 26 • грудня 2023 р.

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

_____._____.2023

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Лукаччуку Михайлу Івановичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 318.430.5» з використанням верстатів з ЧПК керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 серпня 2023 р. № 30

2 Термін подання студентом роботи на кафедру 15 грудня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі вал-шестерня 78.125-97 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 4,5 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

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А1); кресленик заготовки (1 лист А2) графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А1); етапи створення деталі в САМ (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1); дослідницький лист (1 лист А1)

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

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

7 Дата видачі завдання

3.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2023	
2 Технологічний розділ	01.11.2023	
3 Конструкторський розділ	20.11.2023	
4 Дослідницький розділ	10.12.2023	
5 Охорона праці	15.12.2023	

Студент

_____ Підпис

Вадим ТІТАРЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник роботи

_____ Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 318.430.5» з використання верстатів з ЧПК

Пояснювальна записка містить 87 сторінок та додатки зі специфікаціями креслеників, технологічнц документацію та програму для верстата з ЧПК. Графічна складова роботи складається з 8 аркушів формату А1. Відповідно до завдання, було спроектовано процес механічного оброблення для виготовлення деталі «Корпусу 318.430.5» із річною програмою виготовлення 4,5 тис. штук.

У пояснювальній записці містяться усі необхідні розрахунки та розділи, відповідно до вимог. У загальному розділі проаналізовано технічні умови, орієнтуючись на функціональне призначення деталі, типових технологічних процесах та сучасних досягненнях у виготовленні подібних деталей. Це дозволило сформулювати основні завдання, що детально розглянуті в подальших розділах роботи.

Розроблено механізовані пристрої із пневмоприводом для закріплення деталі на вертикально-фрезерній операції для оброблення отворів та циліндричних поверхонь.

Проаналізовано процес розточування внутрішньої порожнини багатоінструментальною борштангою.

Розроблено заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

Автор роботи: Вадим ТІТАРЧУК

/Підпис/

Дата

2023 р.

ABSTRACT:

Topic of the work: "Development of the technological process for manufacturing the component «Casing 318.430.5» using CNC machines."

The explanatory note comprises 87 pages along with appendices containing specifications of drawings, technological documentation, and the program for the CNC machine. The graphical component of the work consists of 8 sheets in A1 format. According to the task, a machining process was designed for manufacturing the "Case 318.430.5" part, with an annual production program of 4,500 pieces.

The explanatory note includes all necessary calculations and sections as per the requirements. The general section analyzes technical conditions, focusing on the functional purpose of the part, typical technological processes, and modern achievements in manufacturing similar parts. This allowed for the formulation of key tasks detailed in subsequent sections of the work.

Mechanized devices with pneumatic drive for securing the part in the vertical milling operation for processing holes and cylindrical surfaces were developed.

The process of boring the internal cavity using a multi-tool boring bar was analyzed.

Measures for labor protection and environmental safety were developed.

The author of the work

Vadim KOHANIUK

2023 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи.....	
1.2 Аналіз конструкції деталі.....	
1.3 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі.....	
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки.....	
2.2 Розрахунок припусків на обробку.....	
2.3 Вибір технологічних баз.....	
2.4 Проектування технологічного процесу.....	
2.5 Вибір засобів технологічного оснащення.....	
2.6 Нормування технологічних переходів.....	
2.7 Розроблення в САМ ESPRIT програми оброблення.....	
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1 Проектування верстатного пристосування для закріплення деталі при обробленні 4-х отворів $\varnothing 6,5$ мм.....	
3.1.1 Вибір принципу дії, структурної схеми.....	
3.1.2 Структурний аналіз і синтез компоновок, вибір оптимальної.....	
3.1.3 Розрахунок на точність.....	
3.1.4 Розрахунки сили затиску, параметрів силового приводу.....	
3.1.5 Опис конструкції та роботи пристрою.....	
3.2 Пристрій для свердлування отвору під різь М16-7Н.....	
4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	
4.1 Коливання двоступінчастих консольних борштанг при тонкому розточуванні	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	
5.1 Забезпечення безпечних умов праці робочих приміщень.....	

5.2	Нормалізація мікрокліматичних умов робочих приміщень.....
5.3	Вентиляція робочих приміщень.....
5.3.1	Природна вентиляція.....
5.3.2	Штучна (механічна) вентиляція.....
5.3.3	Розрахунок повітрообміну за надлишком тепла.....
	ВИСНОВКИ.....
	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....
	Додатки.....

ВСТУП

У всьому світі стрімко зростає випуск складних виробів, що застосовуються як у виробничих умовах, так і в побутовому житті. Стають складнішими системи управління та конструкції машин. Разом з цим зростають і вимоги до їх якості та дизайну. Для виробництва машин з удосконаленими характеристиками необхідно впровадження нових технологій. Будь-які нові технології – це результат розвитку сучасної науки та виробництва. Створення нових технологій – це досить складний процес, який вимагає застосування всіх накопичених знань у галузі техніки, виробництва, технологій та економіки.

На даний момент виробництво деталей машин більшою мірою пов'язане з механічною обробкою. Питома вага механічної обробки, здебільшого, залежить від типу виробництва та становить від 30 до 70 %. На шляху проектування технологічних процесів механічної обробки все частіше доводиться стикатися з певними труднощами: для кожного випадку необхідно вирішувати конкретні завдання з багатьма параметрами.

У представленій випускній кваліфікаційній роботі ми торкнулися питання технологічної підготовки виробництва деталі типу «Корпус», які включають: проектування технологічного процесу, виготовлення деталі, маршруту, операцій, а також засобів технологічного обладнання.

Важливою частиною цієї роботи є розробка керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК). Так само необхідно провести розмірний та міцнісний аналіз з метою зниження відсотка браку партії, для виробництва деталі типу «Корпус».

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) – сукупність процесів щодо забезпечення технологічної готовності виробництва до випуску спроектованого виробу, за дотримання вимог до термінів, якості та обсягів продукції, а також враховуючи заплановані затрати [3]. ТПВ включає:

- забезпечення технологічності виробу (враховуючи технологічність самої конструкції виробу та технологічність робіт, що виробляються при його виготовленні, експлуатації та ремонті);

- проектування та впровадження технологічних процесів (штамбування, механічної обробки, термообробки, складання, лиття та ін.) для виробництва деталей та вузлів виробу;

- розробку та виготовлення необхідного обладнання та засобів технологічного оснащення (пристосувань, штампів, прес-форм, спеціального різального та вимірювального інструменту);

- управління процесами ТПВ.

Основною метою ТПВ є проектування технологічного процесу, його технічного забезпечення, беручи за основу проект виробу. Отримана на цьому етапі інформація має відповідати на наступне питання: як необхідно виготовляти виріб, щоб збалансувати техніко-економічні показники діяльності підприємства, яке його випускає. Ця інформація визначає нормативно-технічні дані, які необхідні організації управління підприємством.

Отже, від якості отриманої інформації та прописаної в технологічній документації, більшою мірою залежать якість продукції та ефективність виробництва [4,3].

Проектування технологічного процесу здійснюється як компромісне рішення між вимогами, що пред'являються до конструкції виробу і можливостями виробництва. Тому вже на початкових етапах розробки

технологічного проекту необхідно відпрацювати його на технологічність, можливість його реалізації у конкретних виробничих умовах.

Специфіка проектування технологічних процесів та обсяг розв'язуваних завдань визначають трудомісткість та терміни реалізації проектувальних робіт для підприємства. З метою підвищення ефективності проектувальних робіт – зниження вартості та скорочення часу на проектування – необхідне застосування автоматизації технологічного проектування з урахуванням електронно-обчислювальних машин (ЕОМ)[4].

Основою створення систем автоматизації технологічного проектування (САПР ТП) на окремо взятих підприємствах є сукупність державних стандартів, що визначають Єдину систему технологічної підготовки виробництва - ЄС ТПВ [5-7]. Ці стандарти включають загальні правила і положення щодо організації науково-технічних робіт у галузі технологічної підготовки виробництва, впровадження їх у виробництво, визначені етапи розробки документації щодо організації та оптимізації технологічного проектування, встановлені правила розробки технічного завдання (ТЗ) на розробку автоматизованих технологічних комплексів (АТК).

1.2 Аналіз конструкції деталі

Під технологічністю конструкції розуміють сукупність властивостей виробу, які при заданому типі та організації виробництва, застосовуваних технологічних процесах дозволять мати найменшу трудомісткість та собівартість в процесі виготовлення, бути надійними в експлуатації, простими у ремонті, дешевими під час утилізації.

Корпус деталі виготовлений з легованої сталі 40Х, інформація про хімічний склад та механічні властивості наведена у таблицях 1.1 і 1.2.

Конструкція корпусу характеризується такими ознаками:

Внутрішня поверхня має східчасту форму. Тому необхідно спочатку просвердлити отвір малого діаметра на всю довжину внутрішньої поверхні, яка має бути розточена під отвір більшого діаметра.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40X [5]

Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Нікель	Фосфор	Сірка
0,35-0,45	0,17-0,37	0,50-0,80	1,0	0,3	Не > 0,04	Не > 0,04

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40X [5]

Твердість по Брінелю, НВ	До 217
Границя міцності при розтягненні, МПа, (кг·с/мм ²)	360 (36)
Границя міцності при згині, МПа, (кг·с/мм ²)	1 (10)
Відносне подовження, δ ,%	16
Відносне звуження поперечного перерізу, ψ ,%	4

1.3 Забезпечення експлуатаційних властивостей деталі

У даному випадку корпус має складну конфігурацію зовнішнього контуру та високі вимоги до якості поверхні, тому обробку необхідно проводити на точному устаткуванні. Також слід зазначити, що трудомісткість обробки полягатиме у забезпеченні малих відхилень радіального биття щодо базової поверхні діаметра $75_{(-0,046)}$ мм: 0,05. Щоб досягти таких жорстких відхилень необхідно перед обробкою на верстаті з ЧПК точно виставити деталь у затискному пристосуванні.

Також необхідно відзначити основні вимоги до деталі: відхилення для невказаних розмірів: для отворів H12, для валів h12, для інших розмірів по $\pm IT12/2$; нанесення покриття – хімічне оксидування промаслюванням.

Загалом експлуатаційні властивості будуть збережені, якщо будуть досягнуті розмірів у межах їхнього поля допуску, також досягнуто шорсткість внутрішніх і зовнішніх поверхонь, а це можливо при застосуванні верстатів з числовим програмним управлінням підвищеної точності.

При впливі на деталі зовнішніх факторів вони повинні працювати не змінюючи своїх властивостей, тому потрібно проводити аналіз з метою виявлення недоліків у конструкції деталі. Крім того, міцнісний аналіз також

необхідний з економічних міркувань, щоб уникнути витрат на дослідне виробництво та перевірку міцності деталей у реальних умовах, або зменшити їх. Даний аналіз значною мірою визначається методом математичного моделювання, статистики та теорії ймовірності.

У нашому випадку моделювання та розрахунки були виконані за допомогою програмного пакету SolidWorks Simulation.

Припустимо, що наша деталь базується по торцю (установча база), зовнішній циліндричній поверхні (напрямна база), отворах на торці (опорна база). Прикладемо розподілене навантаження 10000 Н/м^2 по зовнішній поверхні таким чином, щоб вона давила на стінки корпусу у радіальному напрямку, рисунок 1.1.

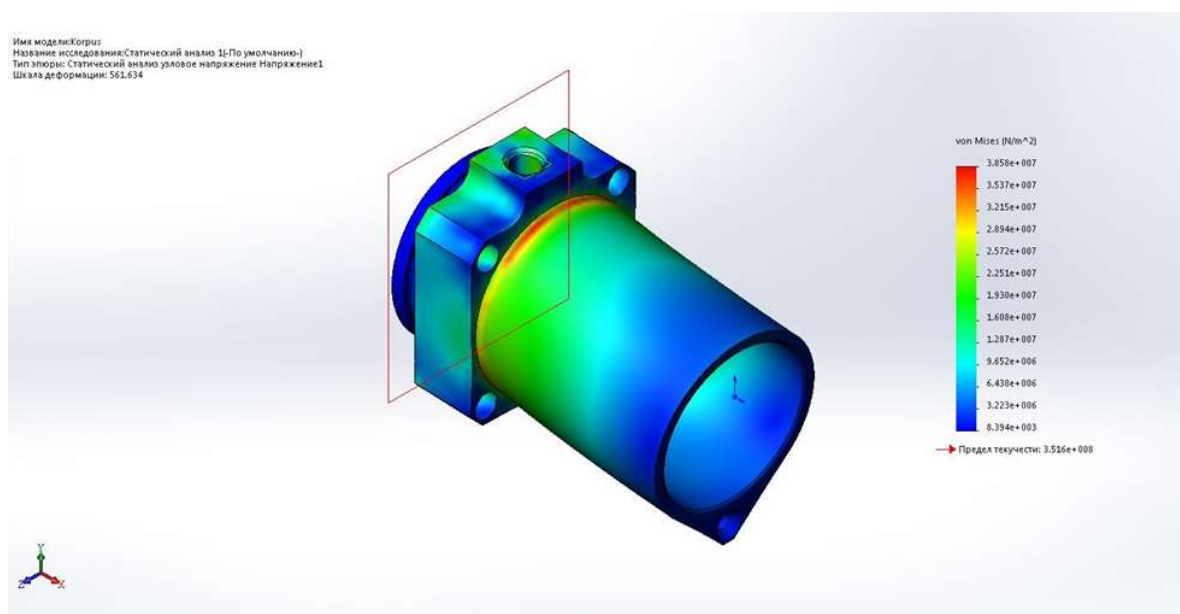


Рисунок 1.1 – Напружений стан деталі

З рисунка 1.1 видно, що максимальна напруга досягає позначки $3.85831 \cdot 10^7 \text{ Па}$, що менше межі плинності, яка дорівнює $3.516 \cdot 10^8 \text{ МПа}$. На інших конструктивних елементах, у середньому діє напруга в $6.438 \cdot 10^6 \text{ МПа}$. З цього можна дійти невтішного висновку, що деталь працює у зоні пружної деформації.

З рисунка 1.2 видно, що при даному розподіленому навантаженні досягається переміщення зовнішньої поверхні корпусу на $2,445 \cdot 10^{-2}$ мм, що еквівалентно 0,02445 мм і не є критичним переміщенням.

За результатом проведеного аналізу, можна дійти висновку про те, що ця конструкція деталі цілком задовольняє умови міцності.

Межа плинності при цих навантаженнях не досягається.

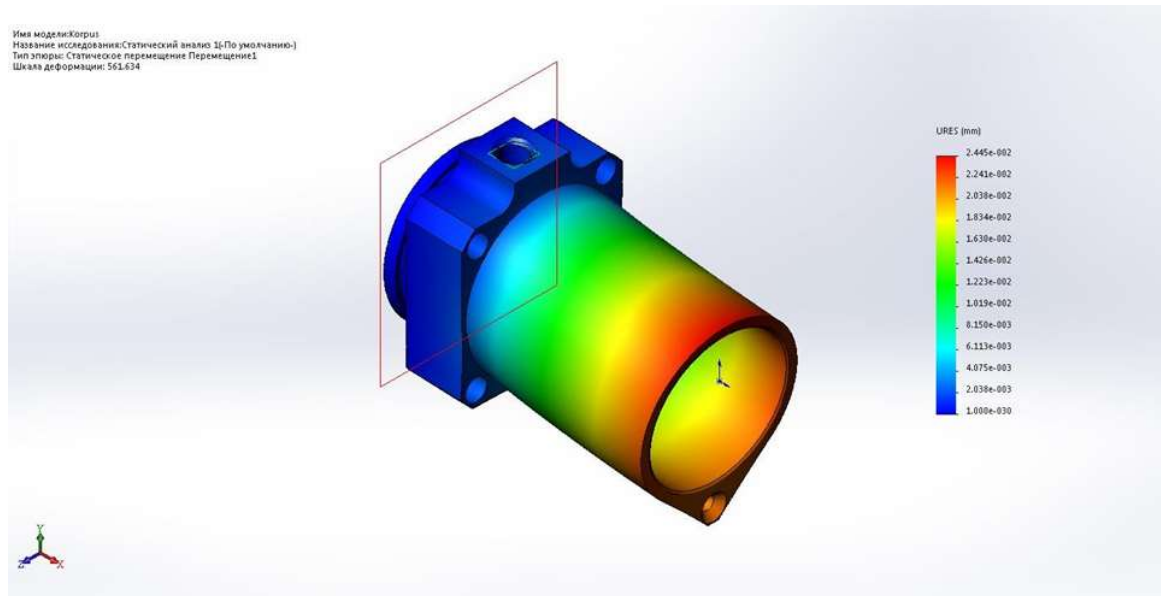


Рисунок 1.2 – Статичне переміщення деталі

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається на основі ваги деталі та обсягу виробництва на рік. У даному випадку, середньо серійне виробництво обрано через те, що річна програма виготовлення деталей в масі 1,62 кг коливається від 1000 до 50000 штук. Для дипломного проекту встановлено виробничу програму на рік в 4500 штук. Це серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою, що періодично повторюється, і виробництвом партіями продукції.

Для середньо серійного виробництва величину технологічної партії деталей, які обробляються одночасно і використовуються для визначення

часу обробки однієї деталі, визначають за допомогою цієї формули:

$$n = \frac{N \times t}{\Phi} \text{ шт.} \quad (1.1)$$

де $N = 4500$ шт. - програма випуску деталей за рік;

$t = 8$ днів - кількість днів, які деталь пролежує у цеху;

$\Phi = 255$ день - фонд робочого часу протягом року;

$$n = \frac{4500 \times 8}{255} \approx 141,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 142$ шт.

Отже, розмір технологічної партії округлюється до найближчого більшого числа, яке є кратним річній програмі випуску деталей. Таким чином, якщо розмір технологічної партії становить $n = 150$ штук, то розмір передаточної партії...

$$P = \frac{n}{4 \dots 5} = \frac{150}{5} = 30 \text{ шт.}$$

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Метод виконання заготовок для деталей визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. При виборі способу отримання заготовки необхідно прагнути максимального наближення форми та розмірів заготовки до параметрів готової деталі та зниження трудомісткості заготівельних операцій

Доцільно зробити зіставлення двох можливих способів одержання заготовки (з метою вибору оптимального). У даному випадку для деталі «Корпус» можливі два варіанти одержання заготовки: одержання з поковки та використання сортового прокату.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{q}{Q},$$

де Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг.

Для поковки: $Q=3,65$ кг; $q=1,59$ кг, тоді:

$$K = \frac{q}{Q} = \frac{1,59}{3,65} = 0,4435.$$

Для прокату (труба): $Q=3,86$ кг; $q=1,59$ кг, тоді:

$$K = \frac{q}{Q} = \frac{1,59}{3,86} = 0,412.$$

Звідси можна зробити висновок, що використання в якості заготовки поковки дозволяє знизити металоємність. Але при отриманні заготовки з поковки, існує потреба в обдирці заготовки. Також потрібно виготовлення форм та наявність необхідного обладнання або його закупівля. Виходячи з перерахованого вище, доцільно вибрати для заготовки прокат (труба). При використанні цього прокату не потрібно купувати додаткове обладнання.

В якості заготовки для даної деталі вибираємо сортовий прокат, круглий, гарячекатаний. Умовне позначення: Пруток-110-В2 ДСТУ 4738:2007

Такий прокат поставляється завдовжки від 2 до 12 м, згідно з ДСТУ 4738:2007. У нашому випадку прокат постачатиметься довжиною по 6 метрів.

2.2 Розрахунок припусків на обробку

Мінімальний припуск має бути таким, щоб його видалення було достатньо для забезпечення необхідної точності та якості поверхневого шару обробленої поверхні заготовки.

Розрахунок припуску дається згідно з ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Методами розрахунку мінімального припуску є два методи: дослідно-статистичний; розрахунково-аналітичний (ДСТУ ГОСТ 12819:2008). Розрахунково-аналітичний метод передбачає розрахунок припусків по всіх послідовно виконуваних технологічних переходах обробки поверхні деталі (проміжні припуски, їх підсумовування для визначення загального припуску на обробку поверхні та розрахунок проміжних розмірів, що визначають положення поверхні, та розмірів заготовки). Застосування цього методу скорочує в середньому відхід металу в стружку, в порівнянні з табличними значеннями, створює єдину систему припусків на обробку та розмірів деталей з технологічних переходів та заготовок, сприяє підвищенню технологічної культури виробництва.

Для аналітичного розрахунку потрібно встановити всі складові елементи припуску [8].

R_{zi-1} – величину шорсткості поверхні, отриману в результаті попереднього переходу;

h_{i-1} – товщину дефектного шару, отриманого в результаті всієї попередньої обробки;

$\Delta\Sigma_{i-1}$ – сумарне відхилення розташування оброблюваної поверхні відносно настановної бази, що використовується на аналізованому переході, і похибка форми оброблюваної поверхні, отримана в результаті всієї попередньої обробки;

ε_i – похибка установки заготовки при реалізації переходу якого розраховується припуск.

При розрахунку мінімального припуску всі складові сумуються.

При послідовній обробці поверхонь (односторонній припуск):

$$z_{imin} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta \sum_{i-1} + \varepsilon_i$$

При паралельній обробці величина припуску подвоюється/

$$2z_{imin} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta \sum_{i-1} + \varepsilon_i \right)$$

Величини R_z і h визначаються за таблицями довідника [8], залежно від виду обробки поверхні та способу отримання вихідної заготовки. Сумарна похибка розташування та форми визначається на основі аналізу всіх можливих відхилень положення оброблюваної поверхні щодо настановної бази та всіх факторів, що викликають зміни теоретичної форми поверхні. У загальному випадку величина $\Delta\Sigma$ визначається як сума похибки зміщення $\Delta_{зм}$ і похибки короблення (кривизни) $\Delta_{кор}$, ці величини так само визначаються за таблицями. Зробимо розрахунок припусків на механічну обробку зовнішнього та внутрішнього діаметрів деталі та занесемо їх у таблиці 1 та 2.

Просторові похибки Δ визначаються відповідно до рекомендацій [8].

$$\Delta' = D \cdot \Delta K,$$

$$\Delta'' = l \cdot \Delta K,$$

де $D = 110$ – діаметр поверхні, мм;

$\Delta K = 1$ – питома похибка заготовки довжиною від 120 до 180 мм звичайної точності без виправлення, мкм/мм (таблиця 5.9 [8]);

$L = 138$ – довжина заготовки, мм.

Загальна просторова похибка розраховується як:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta')^2 + (\Delta'')^2}$$

Підставивши величини маємо:

$$\Delta' = 110 \cdot 1 = 110 \text{ мкм},$$

$$\Delta'' = 138 \cdot 1 = 138 \text{ мкм}.$$

Тоді загальна похибка для заготівлі дорівнюватиме:

$$\Delta_1 = \sqrt{(110)^2 + (138)^2} = 176,5 \text{ мкм}.$$

Для переходів, що йдуть за першим, просторова похибка визначається за формулою:

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y,$$

де, $K_y = 0,06$ – коефіцієнт уточнення для чорнової обробки, дано в таблиці [8].

Тоді загальна похибка для чорнової обробки дорівнюватиме:

$$\Delta_2 = 176,5 \cdot 0,06 = 10,59 \text{ мкм}.$$

Для наступних операцій загальна просторова похибка розраховується за подобою.

Визначити похибку установки заготовки можна розрахунковим шляхом або з таблиць. Використовуємо розрахунковий метод.

Похибки установки ε , мкм, визначаємо як:

$$\varepsilon^2 = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_p^2},$$

де $\varepsilon_3^2 = 110^2$ – похибка, яка залежить від діаметра поверхні, мкм;
 $\varepsilon_p^2 = 0,25\sqrt{T_D^2} + 1$,
де $T_D^2 = 2,6^2$ – похибка, що залежить від допуску на діаметр прокату, мкм.

Тоді похибка установки буде рівна:

$$\varepsilon_2 = \sqrt{110^2 + 0,7^2} = 110 \text{ мкм.}$$

Похибка заготовки для наступних операцій визначаємо так само

Далі розраховується мінімальний розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм, згідно з формулою [5]:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Підставивши всі отримані дані отримаємо:

$$2Z_{2min} = 2 \cdot (320 + 300 + 176,5) = 2 \cdot 796,5 \text{ мкм.}$$

Похибку заготовки для наступних операцій визначаємо так само.

Далі розраховується мінімальний розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм, згідно з формулою [5]:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Підставивши всі отримані дані отримаємо:

$$2Z_{2min} = 2 \cdot (320 + 300 + 176,5) = 2 \cdot 796,5 \text{ мкм.}$$

Для наступних операцій припуск $2Z_{min}$ розраховується аналогічно.

Розрахунковий діаметр d_p , розраховується з кінця, від діаметра який потрібно отримати.

$$d_4 = 105 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 105 + 2 \cdot 0,5 = 106 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 106 + 2 \cdot 0,625 = 106,250 \text{ мм;}$$

$$d_1 = 106,250 + 2 \cdot 0,741 = 106,482 \text{ мм.}$$

Для внутрішнього діаметра розрахунок ведеться аналогічним способом. Усі потрібні коефіцієнти задаються відповідно до довідкових таблиць [5].

Якщо у таблиці 2.1 розрахунковий діаметр розраховувався шляхом складання діаметра та припуску, то в таблиці 2.2 він розраховується шляхом віднімання припуску від діаметра.

Таблиця 2.1 – Припуски на механічну обробку зовнішньої поверхні

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску в мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ мкм	Розрахунковий розмір в мм	Допуск δ в мкм	Граничні розміри в мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	Δ	ϵ_i				dmin	dmax	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Прокат	250	300	176,5	-	-	107,840	2100	107,840	109,940	-	-
Токарна Чорнове	250	120	10,59	110	2·796,5	106,054	1600	106,054	106,654	1,754	4,584
Токарна з ЧПК Чорнова Чистова	250	120	0,58	105	2·458,5	106,000	650	106,000	106,650	1,035	1,265
	125	85	0,046	-	2·446,7	105,000	450	105,000	106,450	1,000	1,134
Всього, Σ :										3,789	6,983

Таблиця 2.2 – Припуски на механічну обробку внутрішньої поверхні

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску в мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ мкм	Розрахунковий розмір в мм	Допуск δ в мкм	Граничні розміри в мм		Граничне значення припусків, мм	
	Rz	h	Δ	ϵ_i				dmin	dmax	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Розточування	250	75	10,59	-	-	48,541	700	48,541	49,241	-	-
Токарна з ЧПК Чорнова Чистова	250	120	0,58	105	2·364,8	62,146	720	62,146	62,846	0,634	0,689
	125	85	0,046	-	2·239,4	62,759	750	62,759	63,509	0,543	0,594
Всього, Σ :										1,117	1,283

2.3 Вибір технологічних баз.

Визначення технологічних баз є ключовим етапом у проектуванні процесу механічної обробки, що прямо відображає конструкцію самого процесу обробки заготовки.

Основні принципи, які слід враховувати під час визначення баз:

1. Принцип суміщення баз: необхідно розташовувати бази так, щоб забезпечити точність та стабільність під час кожної послідовної операції.

2. Принцип постійності баз: важливо зберігати стабільність та однаковий рівень баз протягом всього процесу обробки.

3. Принцип єдності баз: вибір баз повинен забезпечити надійне і стійке закріплення заготовок під час всіх етапів обробки.

На основі функціонального призначення корпусу 318.430.5 видно, що його основними базами є такі:

1. Вісь обертання між отворами діаметром $\varnothing 75_{-0,046}$ і $\varnothing 62_{-0,03}^{+0,09}$ вказує на центральну вісь або ось, яка пролягає між двома отворами заданого діаметру. Ця вісь слугує як опорна лінія для обертання або руху між цими отворами, дозволяючи забезпечити точне розташування і орієнтацію елементів, що мають бути пов'язані чи зіставлені під час монтажу або обробки.

2. Торцева поверхня $\varnothing 134_{-0,4}$ використовується як точна та стійка опорна площина для забезпечення правильного розміщення та орієнтації деталі під час процесу обробки чи збирання. Ця поверхня служить важливою опорою для забезпечення необхідної стабільності під час виконання операцій з деталлю.

Деталь також має комплекти допоміжних баз:

1. Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 50^{+0,25}$ – функціонує як проміжна установочна база при зовнішньому точінні.

2. Торцеві поверхні квадрату розміром $92 \pm 0,125$ використовуються при базуванні на оперії оброблення оворрів.

У випадку нерівномірності припуску при розточуванні отворів, яка виникає через зміщення осі отвору в заготовці та осі обертання різця, важливо врахувати кілька аспектів. Перш за все, забезпечення рівномірного припуску може бути досягнуто шляхом коректної організації послідовності операцій обробки та визначення послідовності використання баз.

Основні кроки для вирішення цієї проблеми можуть включати:

1. Аналіз виробничого процесу: ретельний огляд всіх етапів обробки з урахуванням основних та допоміжних баз для визначення можливих джерел нерівномірності припуску.

2. Перевірка точності баз: Впевненість у точності та стійкості основних баз для забезпечення правильного позиціонування заготовки під час обробки.

3. Корекція та калібрування обладнання: якщо існують проблеми з точністю обладнання, важливо вжити заходів для їх виправлення та калібрування.

4. Використання компенсаційних технік: виробничі методи або вдосконалені техніки розташування і закріплення можуть допомогти у компенсації невеликих розбіжностей при розточуванні.

Це складний процес, який вимагає докладної уваги до деталей та систематичного підходу до вирішення проблеми з нерівномірністю припуску.

2.4 Проектування технологічного процесу

Завданням для проектування технологічного маршруту є визначення правильної послідовності обробки для того, щоб забезпечити виготовлення деталі, яка повністю відповідає усім вимогам креслення. Послідовність обробки залежить від: отримання необхідного якості поверхні, точнісні параметри деталі.

Проектування ТП є багатоваріантним завданням, правильне вирішення якого вимагає проведення низки розрахунків. На початку проектування попередньо встановлюються види обробки окремих поверхонь заготовки та методи досягнення їх точності, які відповідають вимогам креслення, серійності виробництва та існуючого на підприємстві обладнання.

При низькій точності вихідних заготовок ТП починається з чорнової обробки поверхні, яка має найбільші припуски. При цьому насамперед знімається припуск із тих поверхонь, на яких можливі дефекти з метою якнайшвидшого відсіювання браку.

Подальший маршрут будується за принципом обробки спочатку грубих, а потім точніших поверхонь. Найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Найбільш легко ушкодзовані поверхні обробляються на завершальній стадії ТП.

На першому етапі потрібно отримати технологічні бази на універсальному токарному верстаті, щоб на наступних операціях можна було отримати більш точні поверхні, для цього спочатку обробимо поверхні: 1,2,3,4 (рисунок 2.1). Поверхні 3 і 4 точні і будуть служити надалі базами для забезпечення допуску радіального та торцевого биття, а також забезпечення допуску форми.

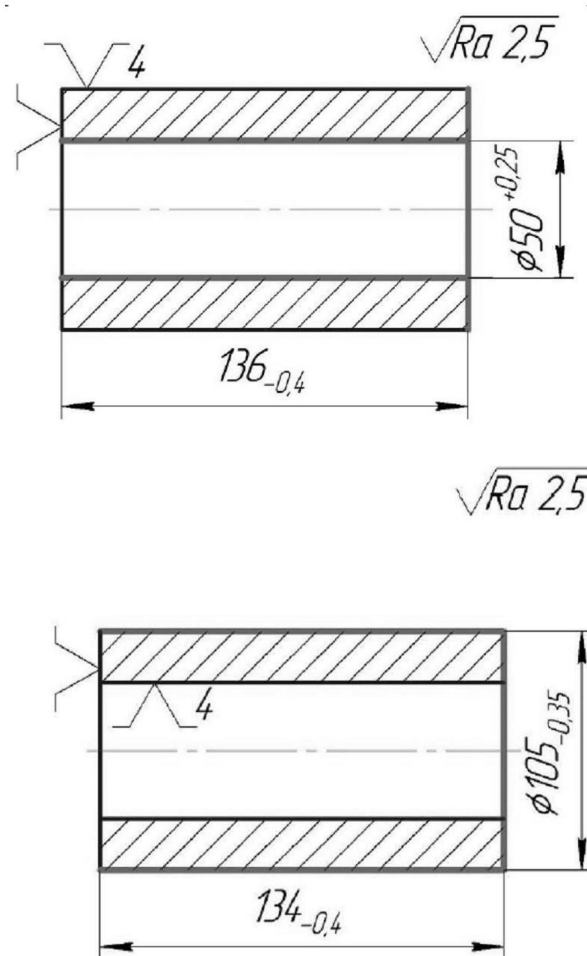


Рисунок 2.1 – Ескіз для токарної операції

На другому етапі будуть отримані поверхні 5,7-14 та канавка 6 (рисунок 2.2). Буде витриманий допуск на радіальне (поверхня 9) та торцеве (поверхня 6) биття, а також допуск форми за рахунок базування деталі за точними поверхнями. Поверхні 5, 8 та 9 будуть мати шорсткість Ra 1,25. Інші Ra 2,5.

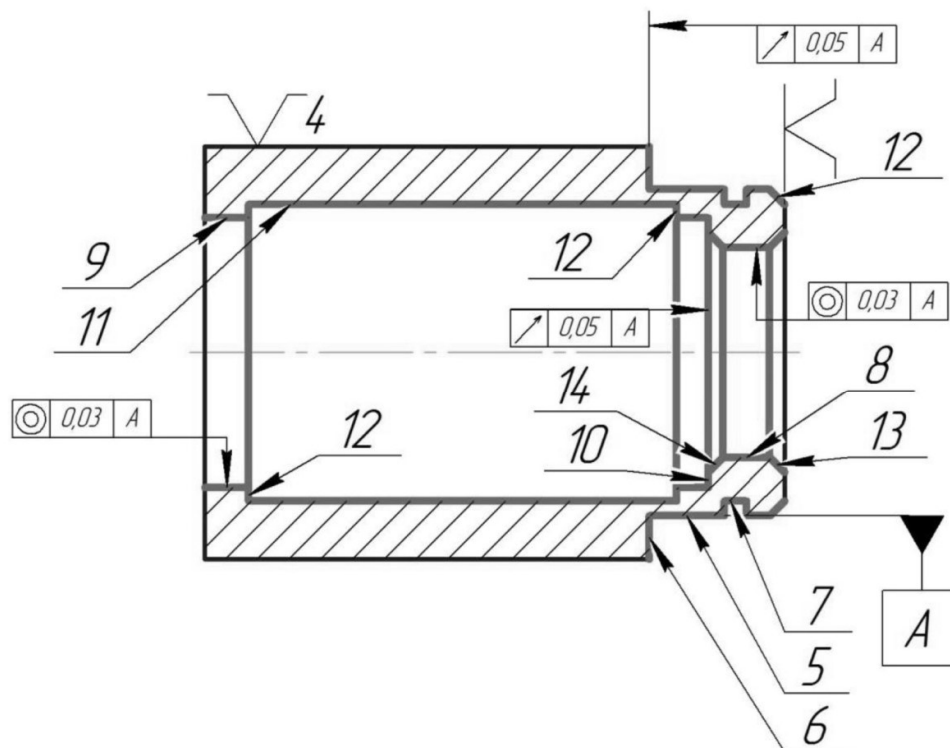


Рисунок 2.2 – Ескіз для токарної операції з ЧПК

На наступному етапі обробляються поверхні 15-18 (рисунок 2.3). Поверхня 16 буде надалі базою.

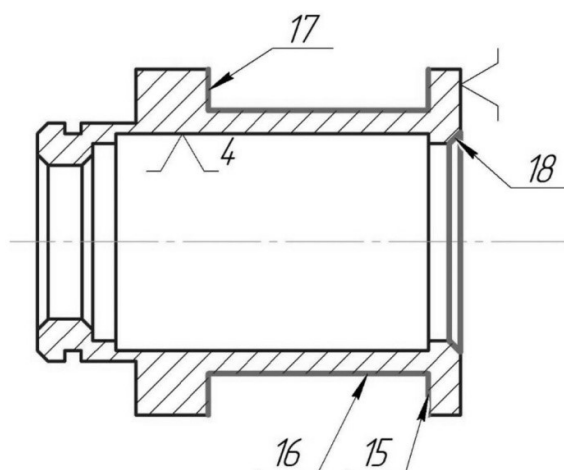


Рисунок 2.3 – Ескіз для токарної операції

На четвертому етапі необхідно отримати зовнішній контур 19 та чотири отвори 20 (рисунок 2.4). Усі отвори наскрізні. Надалі один з отворів буде базою.

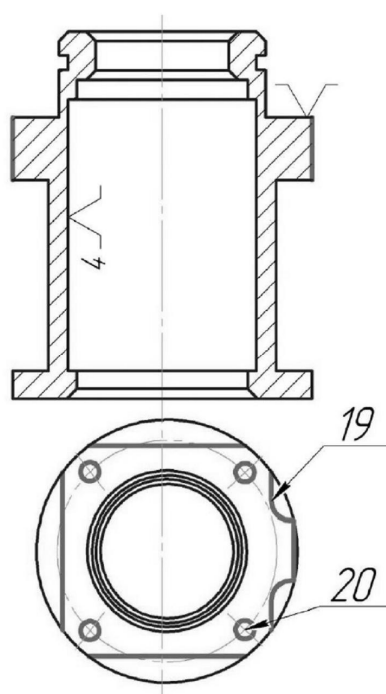


Рисунок 2.4 – Ескіз для фрезерної операції з ЧПК

На п'ятому етапі необхідно отримати зовнішній контур 21 та зенкувати 4 отвори, отримані на попередній операції (рисунок 2.5). Також необхідно отримати новий отвір 22 і теж зенкувати його. Надалі отвір 22 буде служити базою.

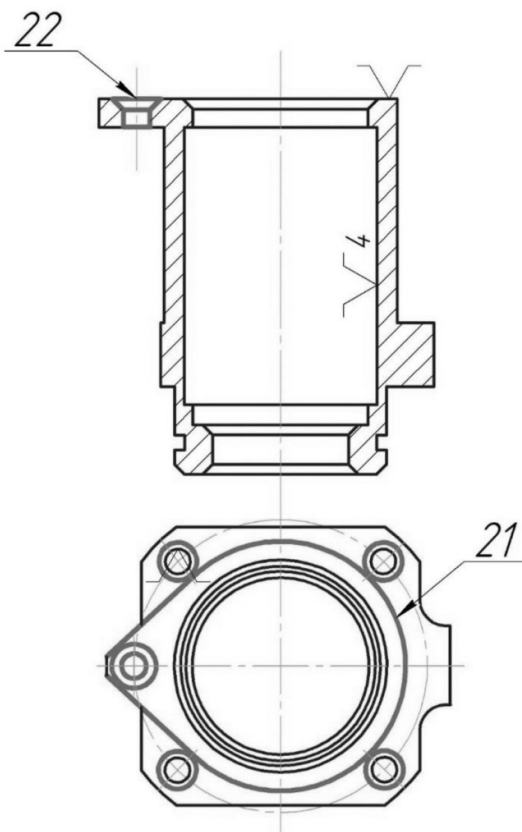


Рисунок 2.5 – Ескіз для фрезерної операції з ЧПК

Останній етап механічної обробки полягає в отриманні наскрізного отвору 23 (рисунок 2.6), його зенкування та нарізування різьблення.

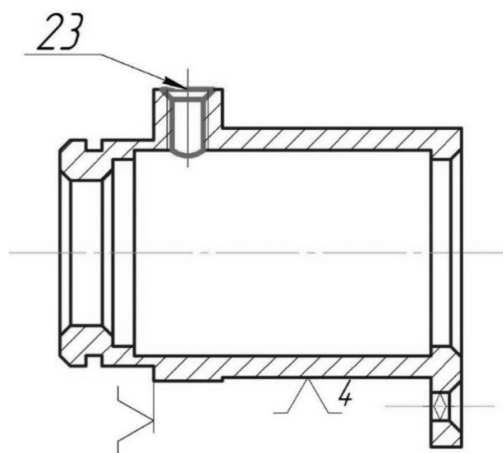


Рисунок 2.6 – Ескіз свердлильної операції

Далі потрібно виконати слюсарну операцію: притупити гострі кромки і зняти задирки.

Далі йде процес промивки, згідно з типовим технологічним процесом. Після промивки проводиться хімічне оксидування за ДСТУ 3558-97.

Останнім кроком буде консервування деталі, згідно з типовим технологічним процесом.

2.5 Вибір засобів технологічного оснащення

Засоби технологічного оснащення – це сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу [9]. Технологічний процес оснащується з метою забезпечення необхідної точності оброблюваних деталей та підвищення продуктивності праці. Під оптимальною оснащеністю розуміється така оснащеність, при якій досягається максимальна ефективність виробництва виробу з обов'язковим отриманням необхідної кількості продукції та необхідної якості за заданий проміжок часу з урахуванням комплексу умов, пов'язаних із технологічними та організаційними можливостями виробничих фондів та робочої сили [9].





Засоби технологічного оснащення можна поділити на [9]:

- технологічне обладнання;
- засоби механізації та автоматизації технологічних процесів (допоміжних операцій та переходів);
- технологічне оснащення.




Технологічне обладнання – це засоби технологічного оснащення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщуються матеріали або заготовки, засоби впливу на них, а також технологічне оснащення [9]. Технологічне обладнання вибирається в залежності від конструкції деталі та вимог щодо забезпечення якості поверхні. У окремих випадках технологи розробляють технічне завдання проектування спеціальних верстатів [9].

Підберемо необхідні для механічної обробки засоби технологічного оснащення, а також необхідні засоби контрольно-вимірювального обладнання. Дані занесемо у таблицю 2.3 та 2.4 відповідно.

Таблиця 2.3 – Засоби технологічного оснащення

Операція:	Обладнання:	Інструмент:	Пристосування
005	<p>EBS 181 G стрічкопилний відрізний верстат по металу</p> 	<p>Стрічкова пила по металу ВАНСО BS 275TOP</p> 	Лещата
010 Токарна з ЧПК Установ А	<p>Токарний з ЧПК Doosan Puma 4100 Series</p> 	<p>Різець токарний канавковий відрізний PNTR-2525-M24 під пластину PENTA 24N20.. (ISCAR) державка VORGEN</p>  <p>Свердло по металу D15мм із циліндричним хвостовиком P6M5K5 (HSS-Co5) Свердло спіральне 23001– 4417 (спіральне Ø40); Різець розточний 2141-0059</p>	Трьохкулачковий патрон
010 Токарна з ЧПК Установ Б	<p>Токарний з ЧПК Doosan Puma 4100 Series</p>	<p>Різець підрізний 2112-0015, матеріал пластини: T15K6; Різець токарний прохід-</p>	<p>Оправка кулачкова 7112-0856 ДСТУ 31.1066.04-97</p>

		ний MTJNR-3232-P22 під пластину TNMG 2204.. державка VORGEN		
015 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК Haas ST-10 	MCLNR3232P12 Різець (державка) токарний прохідний		Трьохкулачко- вий патрон 7100 – 0003; Різцевий блок.
025 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК Haas ST-10 	Різець прохідний 2103- 0009 Різець підрізний 2112- 0015		Спеціальне пристосування; Різцевий блок
030 Фрезерна з ЧПК	Фрезерний обробний центр Haas VF-2	Фреза торцева циліндрична DIN 844, ISO 1641, ~CSN 222132. Центр. св. Ø4мм 2317- 0111 матеріал свердла: P6M5; Свердло 2301-3558 (спіральне Ø6,5) Зенкер 2320-2724		Розтискний пристрій (цанга) ДСТУ 24379.1- 2012 Цанговий патрон.

		Конічна зенківка Karnasch артикул 20.1720.050	
035-045 Фрезерна з ЧПК	Фрезерний обробний центр Haas VF-2 	Фреза торцева циліндрична DIN 844, ISO 1641, ~CSN 222132. Центр. св. Ø4мм 2317- 0111, матеріал свердла: P6M5; Свердло 2301-3558 (спіральне Ø6,5) Зенкер 2320-2724; Конічна зенковка Karnasch артикул 20.1720.050	Розтискний пристрій (цанга) ДСТУ 24379.1- 2012 Цанговий патрон.
055 Свердлильна	Фрезерний обробний центр Haas VF-2 	Центр. св. Ø4мм 2317- 0111, матеріал свердла: P6M5; Свердло 2301-3596 (спіральне Ø13,8) Зенковка конічна 2353- 0117; Мітчик 2621-1601, (M16) матеріал мітчика: P6M5.	Призми 7033 – 0038; Упор, Зажимне пристосування.
060 Слюсарна		Надфіль 2827-0061 ДСТУ 1513-97; Напильник 2821-0001	Лещата 7200-0221 ДСТУ 16518-96
070 Промивочна	Промивочна ванна БП- 6.8.10/0,7	Розчин по ТТП 01279- 0002	
075 Гальванічна	Гальванічна ванна	Реагенти по ДСТУ ГОСТ 12393:2017	
075 Консервація		Матеріали по ТТП 60270-00001 вар.1.	

Таблиця 2.4 – Засоби контролю точності виготовлення деталі

№ Операції	Спосіб контролю	Вимірювальний прибор
005 Заготівельна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-I-160-0,1-1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
010 Токарна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 150-0,1-1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,01 ДСТУ ГОСТ 166:2009
015 Токарна з ЧПК	Інструментальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Мікрометр МК75-1 ДСТУ ГОСТ 6507:2009; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ДСТУ ГОСТ 166:2009; Нутромір НМ-75-0,01 ДСТУ 7809:2015; Штангенциркуль ШЦ-I- 150-0,01 ДСТУ ГОСТ 166:2009; Нутромір НИ-50-100-1 ДСТУ ГОСТ 868:2009; Кутомір типу 1-2 ДСТУ 7809:2015
025 Токарна	Інструментальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 150-0,01 ГОСТ 166:2009; Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,1 ГОСТ 166-89; Кутомір типу 1-2 ДСТУ 7809:2015.
035-045 Фрезерна з ЧПК	Інструментальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,01 ГОСТ 166-89; Набір радіусних шаблонів №2 ГОСТ 4126; Кутомір типа 1-2 ДСТУ 7809:2015; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166:2009;
055 Свердлильна	Інструментальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,1 ДСТУ 166:2009; Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,01 ДСТУ 166:2009; Калібр різьбовий ГОСТ 2016-86;
060 Слюсарна	Інструментальний	Штангенциркуль ШЦ-I- 125-0,1-1 ДСТУ 166:2009.

1.7 Вибір та розрахунок режимів різання

Режимом різання називається сукупність елементів, що визначають умови протікання процесу різання. До елементів режиму різання відносяться: глибина різання, подача, період стійкості різального інструменту і швидкість різання. Зробимо вибір та розрахунок оптимальних режимів обробки, уточнення геометрії та матеріалу різальної частини інструменту [10].

010 Токарна операція:

Обробка циліндричної поверхні

Інструмент: різець прохідний 2103-0009 (прохідний завзятий);

Матеріал ріжучої пластини: Т15К6. Оброблюваний матеріал: Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 Швидкість різання визначається за формулою [10]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

де $C_v = 350$ - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки та різця, прийнятий відповідно до таблиці [10];

$T = 50$ хв – період стійкості різця;

$t = 5$ мм – глибина різання за прохід;

$S = 0,5$ мм/об – подача, прийнята відповідно до таблиці [10];

x, m, y – показники ступеня, прийняті за таблицею [6]: $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv},$$

де $K_{uv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки, прийнятий відповідно до таблиці [10];

$K_{pv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу, прийнятий відповідно до таблиці [10];

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей заготовлі, визначається за формулою [10]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{n_v}$$

де $K_r = 1$ – коефіцієнт, що враховує обробку твердосплавним інструментом, прийнятий відповідно до таблиці [10];

$\sigma_v = 450$ МПа – межа міцності матеріалу, що обробляється;

$n_v = 1$ – коефіцієнт, що враховує обробку твердосплавним інструментом, прийнятий відповідно до таблиці [10];

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{450}\right)^{n_v} = 1,6.$$

Тоді загальний поправочний коефіцієнт дорівнюватиме:

$$K_v = 1 \cdot 1,6 \cdot 0,9 = 1,44.$$

Отже, швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 50^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 144 = 161,33 \text{ м/хв}$$

010 Токарна операція:

Отримання наскрізного отвору $\varnothing 15$ мм.

Інструмент: Свердло $\varnothing 15$ мм 2300-7066;

Матеріал свердлу: Р6М5;

Матеріал, що обробляється: Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015; Швидкість різання визначається за формулою [10]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v;$$

де $C_v = 9,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки та свердла, прийнятий відповідно до таблиці [10];

$D = 15$ мм – діаметр свердла;

$T = 50$ хв – період стійкості свердла;

$S = 0,4$ мм/об – подача, прийнята відповідно до таблиці [10];

m_v, y_v, q_v – показники ступеня, прийняті за таблицею [6]:

$y_v = 0,5; m_v = 0,20; q_v = 0,4;$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який визначається за принципом, описаним раніше.

Отже, швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,8 = 16,76 \text{ м/хв}$$

035 Фрезерна операція з ЧПК:

Одержання площини на циліндричній частині заготовки.

Інструмент: Фреза торцева Ø40,0 мм 2210-0076

Матеріал свердла: Т15К6;

Матеріал, що обробляється: Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015;

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v;$$

де $C_v = 332$ – коефіцієнт, що характеризує матеріал заготовки та фрези;

$T = 120$ – стійкість фрези (хв);

$t = 2$ – глибина різання (мм);

$S_z = 0,2$ – подача на зуб, прийнята відповідно до рекомендацій (мм/зуб);

$B = 28$ – ширина фрезерування (мм);

$Z = 10$ – число зубів фрези;

q, m, x, y, u, p – показники ступеня;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який визначається за принципом, описаним раніше.

Отже, швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{332 \cdot 40^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 28^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,1 = 266,73 \text{ м/хв}$$

Аналогічним шляхом проводимо розрахунок режимів різання інших операцій.

2.6 Нормування технологічних переходів

Залежно від розмірів заготовки, кінцевої деталі, технологічного процесу, обробного інструменту та глибини знімання металу, призначається кількість установ, технологічних переходів та робочих ходів.

Установою називають частину технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці.

Технологічним переходом називають закінчену частину технологічної операції, що характеризується сталістю застосовуваного інструменту та поверхонь, що утворюються обробкою та сполучаються при складанні. Коли зміниться режим різання або різальний інструмент, починається наступний перехід.

Під робочим ходом розуміють закінчену частину технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту щодо заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей заготовки.

У заключному етапі проектування технологічного маршруту розглянемо час обробки кожної операції [11].

Для нормування часу технологічного процесу механічної обробки партії деталей розраховується штучно-калькуляційний час, що визначається як:

$$T_{шк} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{п} + t_{пз}/n$$

де t_o – основний час обробки;

t_d – допоміжний час;

$t_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{п}$ – час на особисті потреби робочого;

$t_{пз}$ – підготовче-заклучний час;

$n=1500$ деталей – річна програма випуску партії деталей.

Основний час визначається як:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_{хв}}$$

де $L=l+l_{BP}+l_{CX}$ – розрахункова довжина обробки;

i – число робочих ходів;

$S_{хв}$ – хвилинна подача інструменту.

Допоміжний час береться від основного часу у співвідношенні

$$T_{дон} = 0,15t_o;$$

Час обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = t_T + t_{орг};$$

де t_T – час технічного обслуговування (6% від $t_{оп}$)

$t_{орг}$ – час організаційного обслуговування (0,6 - 8% від $t_{оп}$).

Час на особисті потреби (2,5% від $t_{оп}$).

Підготовчо-заключний час ($t_{пз} = t_{змни} = 8$ год).

Розрахунок норм часу для заготівельної операції

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{nidв} + l_{cx} + t \cdot ctg\varphi = 140 + 1,5 + 1 + 1 = 143,5 \text{ мм.}$$

де: $l_{nidв}$ – довжина підведення; l_{cx} – довжина сходження; $l_{вр}$ – довжина врізання;

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = 25 \text{ м/хв}$$

3) Число робочих ходів $i = 1$.

4) Тоді основний час:

$$t_0 = \frac{143,5 \cdot 1}{25} = 5,74 \text{ хв}$$

5) Допоміжний час операції:

$$t_{доп} = 0,15t_0 = 0,15 \cdot 5,74 = 0,861 \text{ хв}$$

6) Оперативний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп} = 5,74 + 0,861 = 6,6 \text{ хв}$$

7) Час на обслуговування робочого місяця:

$$t_{обс} = t_T + t_{орг} = 0,06t_{оп} + 0,08t_{оп} = 0,396 + 0,528 = 0,924 \text{ хв}$$

8) Час на особисті потреби:

$$t_{п} = 0,025t_0 = 0,025 \cdot 5,74 = 0,1435 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час визначаємо як

$$t_{шк} = t_{оп} + t_{доп} + t_{обс} + t_{п} = 5,74 + 0,861 + 0,924 + 0,1435 = 7,668$$

хв

Розрахунок норм часу для токарної операції

Підрізка торця

- 1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{підв}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{вр}} = 3 + 1 + 1 = 5 \text{ мм}$$

- 2) Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ мм/хв}$$

- 3) Число робочих ходів $i=1$.

- 4) Тоді основний час

$$t_0 = \frac{5 \cdot 2}{660} = 0,015 \text{ хв}$$

- 5) Допоміжний час операції:

$$T_{\text{дон}} = 0,15 t_0 = 0,15 \cdot 0,015 = 0,002 \text{ хв}$$

- 6) Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + T_{\text{дон}} = 0,015 + 0,002 = 0,017 \text{ хв}$$

- 7) Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = t_T + t_{\text{орз}} = 0,006 t_{\text{оп}} + 0,08 t_{\text{оп}} = 0,0009 + 0,0012 = 0,0021 \text{ хв}$$

- 8) Час на особисті потреби:

$$T_{\text{п}} = 0,025 t_{\text{оп}} = 0,000375 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час визначаємо як

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}} = 0,015 + 0,002 + 0,0021 + 0,000375 = 0,01947 \text{ хв}$$

Точіння зовнішньої поверхні

- 1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{підв}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{вр}} = 91 + 1 + 1 = 93 \text{ мм}$$

- 2) Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,6 \cdot 1100 = 660 \text{ мм/хв}$$

- 3) Число робочих ходів $i=9$.

- 4) Тоді основний час

$$t_0 = 0,64 \text{ хв}$$

- 5) Допоміжний час операції:

$$T_{\text{дон}}=0,15t_o=0,15\cdot 0,64=0,096 \text{ хв}$$

6) Оперативний час:

$$t_{\text{ОП}}=t_o+T_{\text{дон}}=0,64+0,096=0,736 \text{ хв}$$

7) Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}}=t_T+t_{\text{опз}}=0,006 t_{\text{ОП}}+0,08 t_{\text{ОП}}=0,044+0,059=0,1 \text{ хв}$$

8) Час на особисті потреби:

$$T_{\text{П}}=0,025 t_{\text{ОП}}=0,0184 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час визначаємо як

$$t_{\text{ШК}}=t_{\text{ОП}}+t_{\text{ДОП}}+t_{\text{Обс}}+t_{\text{П}}=0,736+0,096+0,1+0,0184=0,95 \text{ хв}$$

Розрахунок норм часу для свердлильної операції

Центрування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L=l+l_{\text{підв}}+l_{\text{сх}}+l_{\text{вр}}=29+1+1+1=32 \text{ мм}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M=S\cdot n=0,15\cdot 800=660 \text{ мм/хв}$$

3) Число робочих ходів $i=2$.

4) Тоді основний час

$$t_0=\frac{32\cdot 2}{120}=0,53 \text{ хв}$$

5) Допоміжний час операції:

$$T_{\text{дон}}=0,15t_o=0,15\cdot 0,53=0,08 \text{ хв}$$

6) Оперативний час:

$$t_{\text{ОП}}=t_o+T_{\text{дон}}=0,53+0,008=0,61 \text{ хв}$$

7) Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}}=t_T+t_{\text{опз}}=0,006 t_{\text{ОП}}+0,08 t_{\text{ОП}}=0,0366+0,00488=0,0854 \text{ хв}$$

8) Час на особисті потреби:

$$T_{\text{П}}=0,025 t_{\text{ОП}}=0,01525 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час визначаємо як

$$t_{\text{ШК}}=t_{\text{ОП}}+t_{\text{ДОП}}+t_{\text{Обс}}+t_{\text{П}}=0,61+0,08+0,0854+0,01525=0,79$$

Свердління отвору

- 1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{підв}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{вр}} = 16,5 + 1 + 1 + 1 = 19,5 \text{ мм}$$

- 2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,14 \cdot 500 = 70 \text{ мм/хв}$$

- 3) Число робочих ходів $i=1$.

- 4) Тоді основний час

$$t_0 = \frac{19,5 \cdot 1}{70} = 0,28 \text{ хв}$$

- 5) Допоміжний час операції:

$$T_{\text{доп}} = 0,15 t_0 = 0,15 \cdot 0,28 = 0,042 \text{ хв}$$

- 6) Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + T_{\text{доп}} = 0,322 \text{ хв}$$

- 7) Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = t_T + t_{\text{опе}} = 0,006 t_{\text{оп}} + 0,08 t_{\text{оп}} = 0,045 \text{ хв}$$

- 8) Час на особисті потреби:

$$T_{\text{п}} = 0,025 t_{\text{оп}} = 0,008 \text{ хв}$$

Тоді штучно-калькуляційний час визначаємо як

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}} = 1,3 + 0,195 + 0,182 + 0,0325 = 0,375 \text{ хв}$$

Далі поставимо норми часу з урахуванням рекомендацій [12].

2.7 Розроблення в САМ ESPRIT програми оброблення

Для розмірної обробки деталі на верстатах з ЧПК необхідно розробити програму управління, дані якої зчитує пристрій числового програмного управління — ПЧПК.

У загальному випадку керуюча програма (КП) є послідовністю команд, мова програмування якої визначається моделлю постпроцесора, встановленого на верстаті. Особливістю числового програмного управління є те, що траєкторія руху задається строго певною послідовністю чисел, в яких закодована інформація не тільки про переміщення інструменту по декартовій

системі координат (або інших), а й дані про подання та інтерполяцію інструменту. Сама собою керуюча програма – це написана на носій (цифровий, перфокарту, перфострічку та ін.) в закодованому вигляді маршрутна технологія на оброблювану деталь.

У нашому випадку, при виготовленні деталі типу "Корпус" передбачається використовувати керуючу програму в цифровому вигляді.

Створення КП є досить тривалим процесом. Існує безліч програмних продуктів, що автоматизують процес написання керуючих програм для верстатів з ЧПК. Одним із таких програмних продуктів є САМ Esprit – це зручна та проста у використанні САМ система, призначена для фрезерних, токарних, токарно-фрезерних та електроерозійних верстатів з ЧПК. Крім того, даний програмний продукт дозволяє не тільки складати КП для верстатів з ЧПК, а й містить у собі велику базу знань про оброблювані та оброблювальні матеріали, режими різання та ін.

Розроблені програми для операцій: токарної з ЧПК (015) та фрезерної з ЧПК (035-045) представлені у додатку А.

Для написання програми були виконані наступні дії:

1. Створену 3D модель стакана у SolidWorks та завантажено в середовище Esprit.
2. Створено заготовку у середовищі САМ Esprit

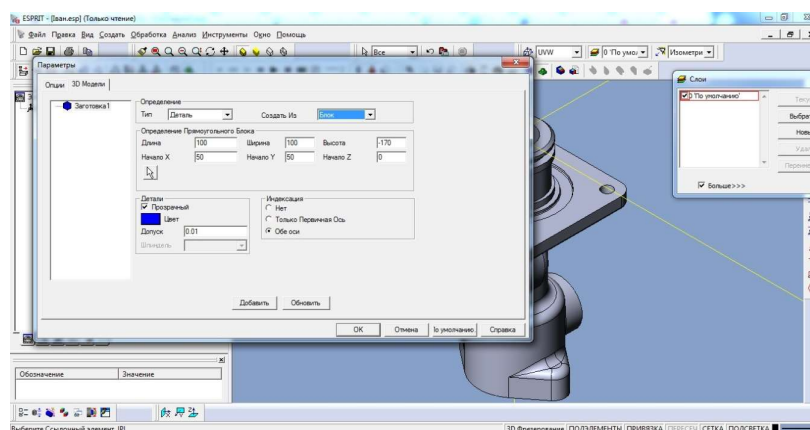


Рисунок 2.7 – Створення заготовки у САМ Esprit

3. Виконано розпізнання елементів корпусу рисунок 2.7.

4. Вибрано тип оброблення, а саме фрезерування.
5. Вибрано металорізальний інструмент та його параметри (рисунок 2.8).

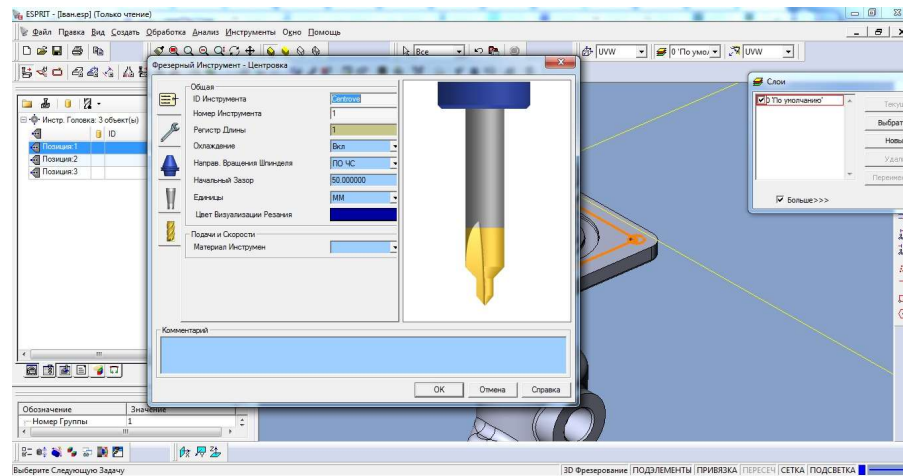


Рисунок 2.8 – Вибір інструменту

6. Вибрано стратегії оброблення.
7. Вибрано режими різання при обробленні отворів.
8. Автоматично згенеровано траєкторії рухів металорізальних інструментів при обробленні елементів деталі корпусу.
9. Виконано візуалізації процесів оброблення із метою виявлення помилок при обробленні елементів деталі корпусу;

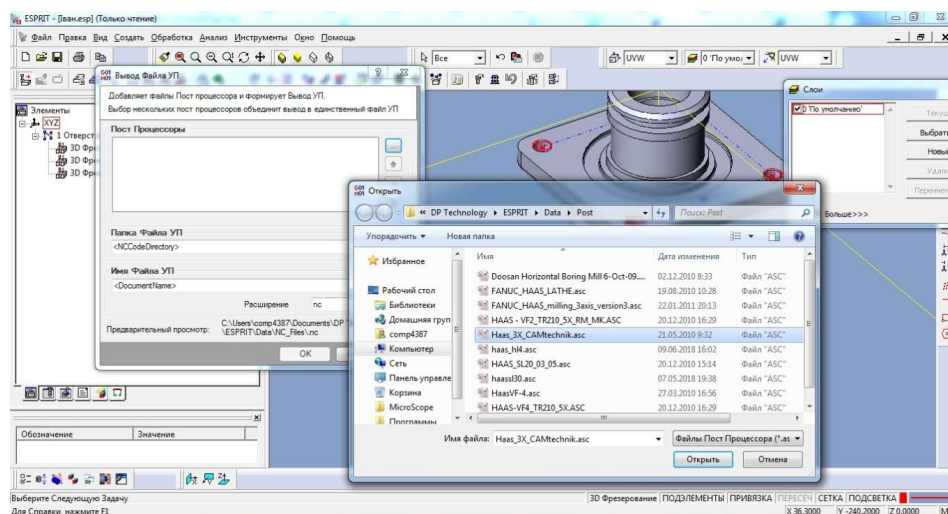


Рисунок 2.9 – Вибір постпроцесора для верстата HAAS VF-3

Виконано автоматичне генерування коду програми.

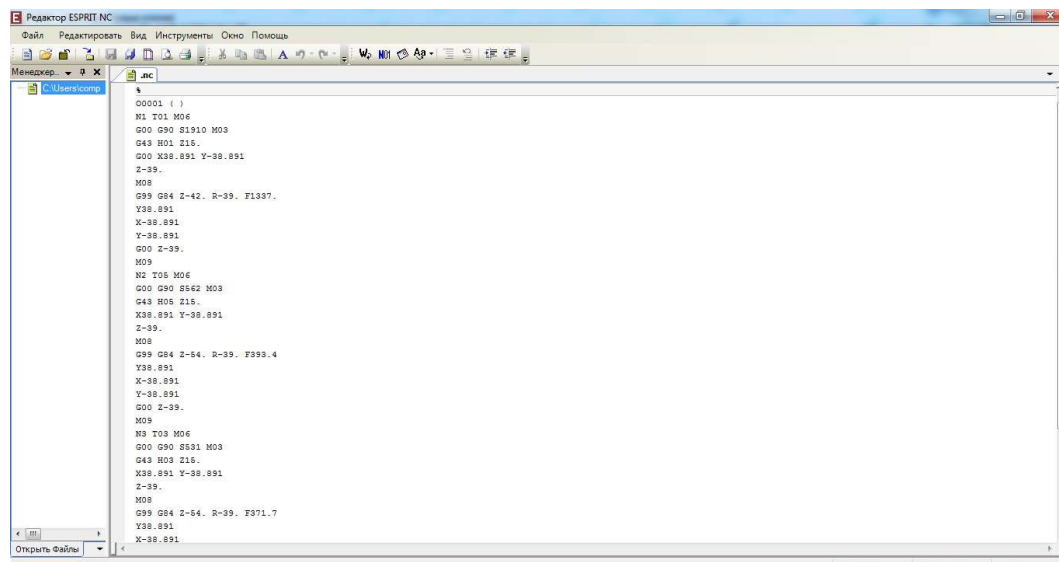


Рисунок 2.10 – Програма оброблення

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проекування верстатного пристосування для закріплення деталі при обробленні 4-х отворів $\varnothing 6,5$ мм

3.1.1 Вибір принципу дії, структурної схеми

За розрахунками, для організаційної форми виробництва, що ґрунтується на груповому підході, необхідно розробити універсальні верстатні пристрої для корпусу 318.430.5. Ці пристрої призначені для виконання вертикально-свердлильної операції 035 на верстаті HAAS VF-2. Вони використовують сило-вий пневматичний привід через великі розміри деталі та інтенсивні режими різання.

Переваги цих пристроїв полягають у простому базуванні заготовки, скороченні часу за рахунок зменшення допоміжного, стабільності силового затиску, що гарантує точність встановлення, та зниженні витрат на виготовлення деталі.

Проте при проектуванні кондуктора виникає обмеження у можливості затиску за допомогою важільного прихвату у верхній частині корпусу через обмежену доступність до основи деталі. Тому для базування пропонується використовувати торець корпусу, а для направлення — квадратний фланець розміром 92x92 мм.

3.1.2 Структурний аналіз і синтез компоновок, вибір оптимальної

Отже, для обрання оптимальної компоновки пристрою необхідно врахувати наступні умови:

- 1) Заготовка повинна бути стійко закріплена перед застосуванням сили затиску.
- 2) В процесі закріплення заготовки не повинно порушуватися його початко-

ве положення.

3) Сили, що виникають під час різання, не повинні впливати на положення заготовки.

Для вибору найбільш раціональної компоновки можна розглянути кілька схем, які відповідають цим умовам.

$$K_{\Sigma n} = 0,5K_1 + 0,35K_2 - 0,1K_3 - 0,1K_4 + 0,05K_5 \quad (3.1)$$

де K_1 - Коефіцієнт, що відображає ступінь компактності та простоти пристрою;

K_2 – Коефіцієнт, що враховує наявність властивості самогальмування;

K_3 - коефіцієнт, , що змінюється в залежності від кількості посередників у системі передачі.;

K_4 - фактор, що змінюється в залежності від того, чи присутня проміжна ланка в системі;

K_5 - Цей коефіцієнт відображається у відношенні ефективного використання простору пристрою до його загальних розмірів або компактності.

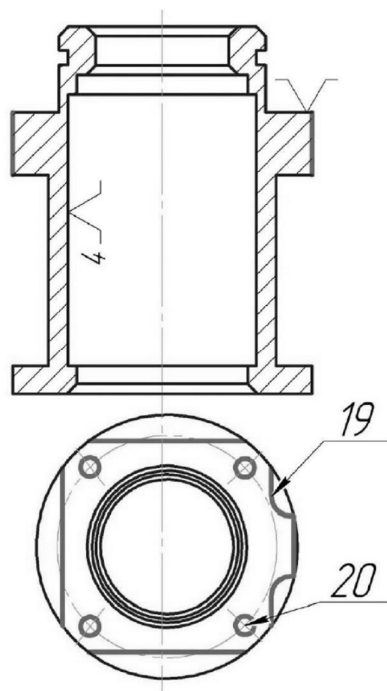


Рисунок 3.1 – Схеми компоновання пристрою

Результати розрахунків зведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Встановлення раціональної схеми компоновання пристрою.

Схема	K1	K2	K3	K4	K5	K _{Σn}
1	5	1	1	1	1	2,7
2	3	0	2	1	0	1,2
3	2	1	2	0	2	1,55
Σ	0,35	-0,1	-0,05	0,1	0,5	

Враховуючи критерії оцінювання компоновальних схем, обираємо схему 1 через її найвищий коефіцієнт ваги серед інших розглянутих варіантів.

3.1.3 Розрахунок на точність

На точність оброблення впливає ряд факторів, яку викликають сумарну похибку Δ_{Σ} :

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \Sigma \Delta_b)^2 + (K_6 \Sigma \Delta_t)^2}, \quad (3.2)$$

де K – коефіцієнт, що відображає відносне розсіювання вихідний параметр (коефіцієнт ризику); при заданій гарантованій надійності пристрій $K = 0,683$;

$K_1 - K_6$ – коефіцієнти, що характеризують відповідні закони розподілу похибок; відповідно з [13], приймаємо: $K_1 = K_2 = K_3 = 1,0$; $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$;

$\Delta \varepsilon_y$ - похибка установа заготовки в пристрої;

Δ_y - похибка оброблення заготовки деталі, яка виникає унаслідок зміщення робочих елементів технологічної системи під впливом сил різання;

Δ_n - похибки налагодження технологічної системи на розмір;

Δ_i - похибка, що виникає внаслідок зношування різального інструменту;

$\Sigma\Delta_b$ - сумарні похибки верстату, що виникає внаслідок його зношування за період експлуатації;

$\Sigma\Delta_t$ - сумарна температурна похибка.

Похибка встановлення $\Delta\varepsilon_y$ - це відхилення реального положення закріпленої деталі від необхідного теоретичного положення, яке може бути визначене або розраховане:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2} \quad (3.3)$$

де ε_b - похибка базування деталі у пристрої;

ε_z - похибка закріплення деталі;

ε_{np} - похибка положення деталі у пристрої.

Похибка базування $\varepsilon_b = 0$, оскільки конструкторська база співпадає з технологічною.

Похибка закріплювання $\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min})\cos(\alpha)$; $y = C Q^n$,

де C – коефіцієнт, який характеризує якість поверхні;

Q – сила затискання;

n – вид прикладеної сили.

$$\varepsilon_z = (C_{\max} \cdot Q_{\max}^n - C_{\min} \cdot Q_{\min}^n) \cdot \cos \alpha$$

При встановленні деталі на опорні пластини :

$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= \left[(K_{Rz} \cdot Rz + K_{HB} \cdot HB) + C_1 \right] \cdot \frac{Q^n}{F^m} = \\ &= \left[0,16 \cdot 10 + (-0,045) \cdot 190 + 0,0776 + 0,053 \cdot 16 \right] \times \frac{387,3^{0,6}}{16^{0,6}} = 11,3 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Точно, похибка положення заготовки у пристрої може виникати через різні фактори, такі як неточності у виготовленні ε_b самого пристрою, зношення його складових частин, а також помилки при встановленні самого пристрою на верстаті $\varepsilon_{вст}$. Ці чинники можуть спричинити відхилення від необхідного положення,

впливаючи на точність і надійність процесу обробки заготовки.

$$\bar{\varepsilon}_{пр.} = \bar{\varepsilon}_{в.} + \bar{\varepsilon}_{зн.} + \bar{\varepsilon}_{вст.}$$

Технологічні можливості виготовлення пристроїв забезпечуються похибкою $\varepsilon_{в.}$ у межах 10-15 мкм [14]. Приймаємо $\varepsilon_{в.} = 10$ мкм.

Величина зношування установчих елементів $\varepsilon_{зн.}$:

$$\varepsilon_{зн.} = \beta \cdot N^n \quad (3.4)$$

де N – кількість контактів заготовки з установчими елементами пристрою;

β - постійна, яка залежить від виду установчих елементів.

$$\varepsilon_{зн.} = 0,005 \cdot 3 = 0,015 \text{ мм}$$

Похибку встановлення пристрою на верстаті приймаємо рівною $\varepsilon_{вст.} = \sqrt{0,011^2 + 0,015^2} = 0,02$ мм

Похибку оброблення заготовки Δ_y приймаємо рівною 870 мкм [14].

Похибку налагодження технологічної системи Δ_n визначимо як

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + (K_{вим.} \cdot \Delta_{вим.})^2}, \quad (3.5)$$

де K_p , $K_{вим.}$ - коефіцієнти, які враховують закони розподілу випадкових величин;

Δ_p - похибка регулювання;

$\Delta_{вим.}$ - похибка вимірювання.

Згідно з [14], приймаємо: $\Delta_p = 30$ мкм, $\Delta_{вим.} = 50$ мкм, $K_p = 1,14$, $K_{вим.} = 1,0$

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 30)^2 + (1 \cdot 50)^2} = 59,4 \text{ мкм}$$

Похибка, яка виникає внаслідок зношування різального інструменту Δ_i , згідно з [14], приймаємо рівною 50 мкм.

Сумарну похибку верстата $\Sigma \Delta_{в.}$, що виникає внаслідок його зношення за період експлуатації, згідно з [14], приймаємо рівною 120 мкм.

Сумарну температурну похибку $\Sigma \Delta_t$, приймаємо рівною 10 ... 15% від Δ_{Σ} .

Сумарна похибка (без врахування температурної похибки):

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{0,683} \sqrt{(0,02)^2 + (0,1)^2 + (0,06)^2 + (1,73 \cdot 0,05)^2 + (1,73 \cdot 0,12)^2} = 0,34 \text{ мм}$$

Загальна похибка:

$$\Delta_{\Sigma} = 0,34 \cdot 1,15 = 0,39 \text{ мм}$$

Допуск на виконання даного розміру, становить 0,87 мм. Таким чином, умова $\Delta_{\Sigma} \leq TA$ виконується.

3.1.4 Розрахунки сили затиску, параметрів силового приводу

Отже, у пристрої сила затиску, необхідна для утримання деталі, передається через важільну систему від пневмоциліндра. Тобто, сила Q використовується для створення необхідного затиску через механізм важелів, що працює за допомогою пневматичного циліндра (див. лист ДРМ.ПМ.ФІТА.23.03.01.00.СК).

Осьова сила під час свердління 4-х отворів $\varnothing 6,5$ - це сила, яка діє вздовж осі свердла під час процесу свердління матеріалу. Вона виникає внаслідок різання матеріалу свердлом і може бути важливим параметром при проектуванні або виконанні операцій свердління, оскільки вона впливає на стійкість і точність процесу. Вона визначена у технологічній частині роботи рівна: $P_0=4647 \text{ Н}$. Сумарний крутний момент $M_{кр}=18,2 \text{ Нм}$.

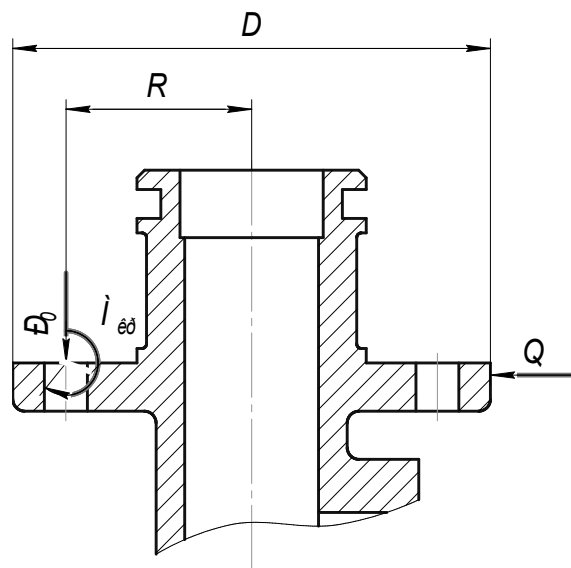


Рисунок 3.2 – Сили затиску деталі при свердлуванні

Радіус, на якому прикладено зусилля Q , рівний $R=55$ мм. Коефіцієнт тертя приймемо $f=0,18$. При рівномірному тиску на поверхню матимемо таку силу затиску, що забезпечує стійке положення деталі. Цю силу визначимо за формулою :

$$Q = \frac{k \cdot M - \frac{1}{2} \cdot f_1 \cdot P_0 \cdot D}{\frac{1}{2} \cdot f_2 \cdot D + f_1 \cdot R_1}, \quad (3.6)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 18,2 - \frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 4647 \cdot 0,1}{\frac{1}{2} \cdot 0,18 \cdot 0,1 + 0,18 \cdot 0,055} = 1420 \text{ Н.}$$

Схема сил, що діють на даній операції при закріпленні деталі наведено на рисунку 3.3.

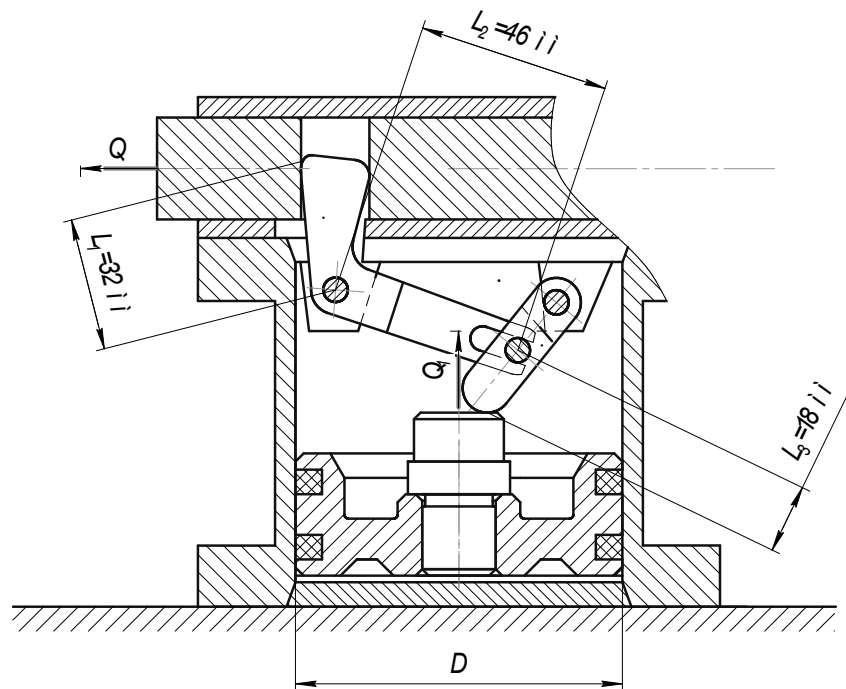


Рисунок 3.3 – Розмірна схема при закріпленні заготовки

Розрахуємо зусилля Q_1 , яка повинне бути на штоці:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{L_3}{L_2} \cdot \frac{L_2}{L_1} \quad (3.7)$$

де L_1, L_2, L_3 – це конструктивні розміри елементів пристрою. $L_1=32$ мм, $L_2=46$ мм, $L_3=18$ мм.

$$Q_1 = 4647 \cdot \frac{32}{46} \cdot \frac{46}{18} = 8261 \text{ Н.}$$

У виробництві використання пневматичного приводу рекомендується для серійного виготовлення. Для забезпечення вільного установлення деталі хід штока повинен складати принаймні 20 мм.

Сила затиску утворюється під час прямого руху штока пневмоциліндра. Діаметр пневмоциліндра можна визначити за певною формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot P \cdot \eta}}, \quad (3.8)$$

де D – діаметр пневматичного циліндра;

P – тиск повітря у пневмопроводі $P=0,4$ МПа;

$\eta=0,9$ – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра відображає ефективність перетворення робочої енергії повітряного тиску в механічну роботу. Це співвідношення між виконаною корисною роботою, такою як рух або підйом, і роботою, яка була б виконана при ідеальних умовах, коли б жодної енергії не втрачалось на тертя, опір, або інші втрати. Зазвичай виражається у відсотках і дорівнює відношенню корисної роботи до теоретично доступної роботи за допомогою формули:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8261}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 69,9 \text{ мм}$$

Якщо взяти стандартний пневмоциліндр з робочим діаметром \varnothing 80 мм, то сила затиску, що фактично застосовується, складе 9500 Н.

3.1.5 Опис конструкції та роботи пристрою

Цей спеціальний кондуктор призначений для послідовної обробки 4 отворів діаметром 6,5 мм на деталі з діаметром 92 мм. Він розроблений для конкретної свердлильної операції та призначений для точного встановлення однотипних заготовок. Конструкція кондуктора забезпечує високу точність встановлення та швидке закріплення деталі.

Принцип роботи полягає в тому, що деталь встановлюється на опорну площину корпусу за допомогою квадратної поверхні фланця розміром 100x100 мм. Дві сторони квадрата фіксують деталь у нерухомій призмі корпусу за допомогою шпильок, які приєднані до опорних пластин.

Затиск здійснюється рухомою призмою, до якої також приєднані пластини. Сила затиску передається від пневмоциліндра односторонньої дії через систему важільних ланок – коромисло та важіль. Шток пневмоциліндра тисне на важіль, а цей рух через коромисло та вісь передається рухомій призмі.

Подача стиснутого повітря в пневмоциліндр здійснюється через цехову пневмомережу (0,63 МПа) за допомогою пневморозподільника та штуцерів. Після відключення стиснутого повітря, пневмоциліндр повертається в нижнє положення за рахунок пружин, які відтягують рухому призму від деталі, відпускаючи її при цьому.

3.2 Пристрій для свердлування отвору під різь М16-7Н

Цангові затискні механізми призначені для базування та закріплення деталей обертання (типу валів, втулок, гільз, кілець, дисків та ін) по

оброблених внутрішніх або зовнішніх циліндричних поверхнях при обробці на токарних, шліфувальних, зуборізних верстатах при виконанні фінішних операцій.

Цанги забезпечують високу точність центрування оброблюваних деталей внаслідок використання для закріплення затискних елементів, що пружно деформуються, об'єднаних в одну деталь і переміщуються при закріпленні в межах пружних деформацій, обмежених величиною вихідного радіального зазору між цангою і поверхнею деталі, що закріплюється.

Пружно деформовані затискні елементи називають пелюстками цанги. Пелюстки цанги утворені поздовжніми прорізами і репрезентують консольно-закріплену балку, яка отримує радіальні пружні переміщення при поздовжньому русі самої цанги або штока за рахунок взаємодії з конусами в корпусі або на штоку.

Переміщення всіх пелюстків цанги відбувається одночасно, що забезпечує самоцентрування деталі. Для забезпечення працездатності цанги деформація її пелюсток має виходити межі пружної зони. Це вимагає підвищеної точності базового діаметра оброблюваної деталі, який має бути виконаний не більше 9-го квалітету.

Цанги виготовляють із інструментальних сталей У8А, У10А, а також легованих сталей 65Г, 15ХА, 12ХН3А. Робочу частину гартують до твердості 55...62 НRC. Хвостову частину відпускають до твердості 30...40 НRC. Точність центрування при встановленні деталей у цангу або на розтискній оправці обумовлена похибкою, що не перевищує 0.05...0.08 мм.

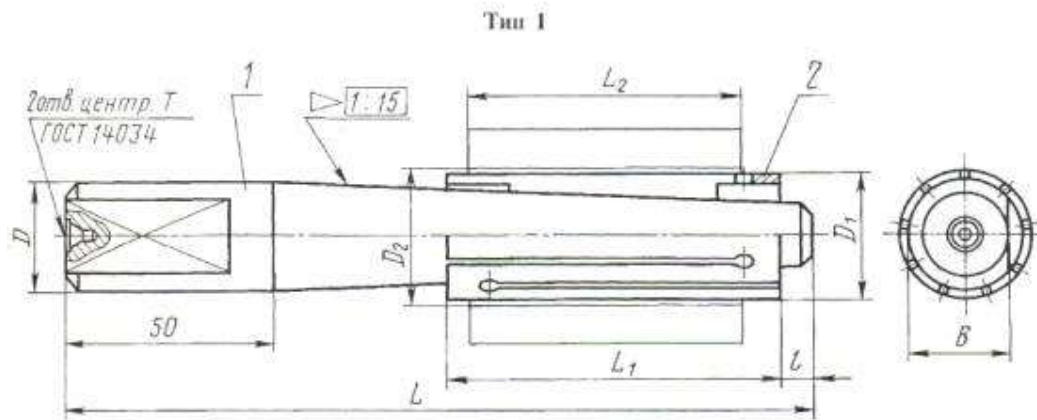


Рисунок 3.4 – Розжимна оправка: а - оправлення у зборі; б – деталі оправлення; в – схема обробки з використанням оправлення

Крутний момент від сили P_Z , Н · мм

$$M'_{\text{КР}} = P_Z \cdot D_0 / 2, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$M'_{\text{КР}} = 110,5 \cdot 62,4 / 2 = 3447,6, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Момент від сили зажиму, Н · мм

$$M_3 = T \cdot D_3 / 2 = W' \cdot f \cdot D_3 / 2, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

де $f=0,10$

де K – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт стану поверхні заготовки;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт затуплення інструменту;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зростання сил різання

при перерваному різанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт механізації силового приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт ергономічності ручних ЗМ;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує наявність крутних моментів [16]

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

Приймається: $K=2,5$ [16]

$$W' = 2,5 \cdot 110,5 \cdot 62,4 / 0,1 \cdot 35 = 5162 \text{ Н}$$

Величина зусилля, що прикладається до штока, буде дещо більшою за зусилля W за рахунок тертя в направляючих.

$$W_1 = \frac{W}{1 - (3l_K f / H_K)}, \text{ Н}$$

де $f = 0,1$ – коефіцієнт тертя

В даному прикладі приймається $H_K = 14$ мм; $l_K = 70$ мм

$$W_1 = \frac{5162}{1 - (3 \cdot 70 \cdot 0,1 / 14)} = 10324, \text{ Н}$$

Зусилля на приводі

$$Q = W \cdot \tan(7^\circ 30')$$

де $\alpha = 7^\circ 30'$ - кут клина;

$\gamma = 8^\circ 30'$ - при терті клина на двох поверхнях

$$Q = 10324 \tan(7^\circ 30' + 8^\circ 30') = 2787,5 \text{ Н}$$

Пристосування «Цанга розжимна» призначене для базування та закріплення заготовки «Корпус».

Заготовку насаджують на цангу 3 оправки 2 до упору розтискне упорне кільце 1 або проміжну втулку і закріплюють гайкою 4. При цьому цанга, переміщуючись по конусній поверхні оправки, розтискається, закріплюючи заготовку. Оправлення із заготовкою встановлюють у шпиндель верстата.

Після обробки заготовки оправлення знімають зі верстата. Для розтискання заготовки гайку обертають у протилежному напрямку, внаслідок чого цанга переміщається у вихідне положення.

Розрахунок похибок встановлення заготовки в пристрій

Сумарна похибка під час виконання будь-якої операції механічної обробки складається з похибки установки деталі, похибки налаштування верстата та похибки обробки. На стадії проектування пристрою складно враховувати похибку установки і, таким чином, уникнути, по можливості, цієї похибки.

Розрахункова сумарна похибка пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

де $\varepsilon_6=0$ – похибка базування (т.к. пристрій самоцентруючий),

$\varepsilon_3=0$ – похибка закріплення (т.к. пристрій самоцентруючий),

ε_3 - похибка виготовлення елементів пристосування.

У самоцентруючому пристрої похибка базування і закріплення дорівнює 0.

Похибка установки виникає внаслідок неточності виготовлення елементів верстатного пристрою.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}$$

Δ_1 – похибка виготовлення висоти пелюсток цанги;

Δ_2 - похибка виготовлення штока;

Δ_3 - похибка виготовлення клина штока;

Δ_4 - похибка виготовлення клина цанги;

Δ_5 – похибка установки штока в цангу.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,017^2 + 0,02^2 + 0,116^2 + 0,151^2 + 0,008^2} = 0,192 \text{ мм.}$$

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Коливання двоступінчастих консольних борштанг при тонкому розточуванні

Обробка точних отворів деталей машин в даний час залишається одним з найбільш складних та трудомістких процесів. Застосування цього процесу значною мірою визначається можливостями операції тонкого розточування, яка вигідно відрізняється від інших методів обробки високою точністю розмірів та форми оброблених отворів, правильним їх розташуванням та високою якістю розточених отворів.

Слід зазначити, що більшість досліджень з тонкого розточування проводилось в умовах одно різевої обробки отворів однією шпindelною головкою [1].

Огляд літератури.

У літературі відсутні досить повні дані про вплив багаторізевої та багатошпindelної обробки на точність форми поперечного перерізу при тонкому розточуванні. Недостатньо вивчені питання про оптимальні режими різання і про динамічні процеси, що відбуваються в верстатах в умовах концентрації операції та поєднання робочих ходів.

Докладний аналіз та класифікація деталей оброблювальних на оздоблювальне–розточувальних верстатах, у тому числі за типами отворів, що розточуються, наведені в роботах [1, 2]. Результати цих досліджень та практика конструкторських бюро дозволяють встановити розподіл отворів, що розточуються, за кількістю ступенів обробки (табл. 4.1).

З огляду даних також впливає, що двоступінчастими борштангами оснащені $\approx 21\%$ верстатів для точного розточування.

Мета роботи.

У цій роботі вивчено особливості коливань двоступінчастих борштанг при одночасної та роздільній роботі ривців. На рис. 1 представлені

технологічні схеми розточування двоступінчастими борштангами, які вивчаються в цій роботі.

Таблиця 4.1 – Розподіл отворів, оброблюваних на ОРС, за кількістю ступенів

Кількість ступенів	1 (гладке)	2	3	Більше 3-х
Кількість отворів, %	81	15	3,5	0,5

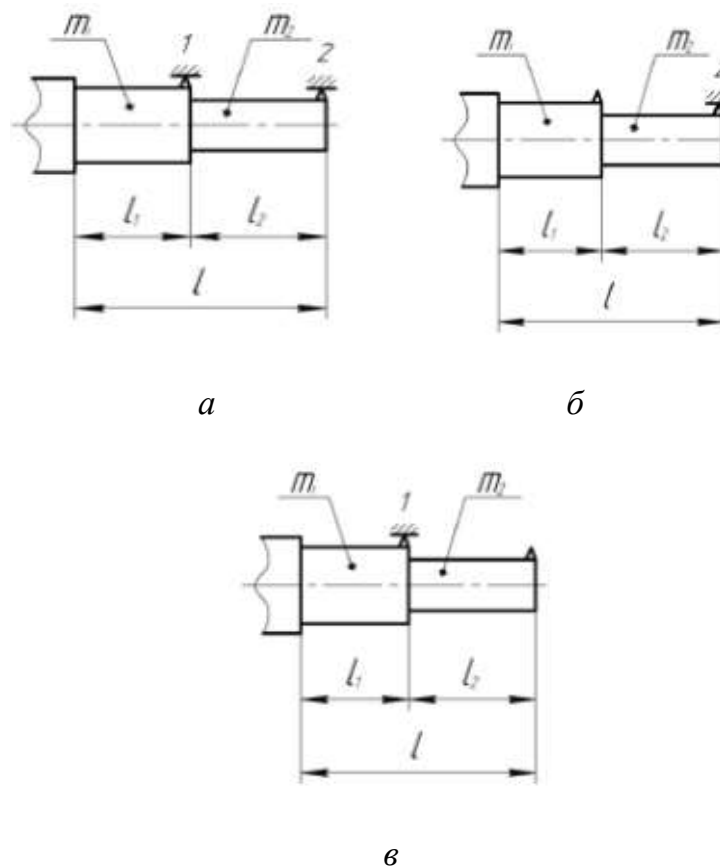


Рисунок 4.1 – Технологічні схеми обробки:

a – одночасна робота різців № 1 та № 2;

б – працює різець № 2;

в – працює різець № 1

Відомі розрахункові схеми шпиндельних вузлів відображають внесок податливості шпинделя в рух різця і вплив інерційних характеристик шпинделя на власну частоту системи. Слід зазначити, що при вивченні впливу параметрів консольних борштанг на характеристики підсистеми шпindelь–борштанга приходимо до необхідності деяких спрощень елементів розрахункової схеми, яка відображає параметри шпindelьної головки, оскільки вони відображені у відомих схемах [3] із зайвою деталізацією. Таким чином, розрахункова модель підсистеми верстата шпindelь–борштанга відображає:

- залежність параметрів пружної системи від параметрів борштанги;
- результати розрахунків за розрахунковою схемою повинні відповідати експериментальним даним щодо жорсткості та власної частоти пружної системи;
- розрахункова схема повинна містити зовнішні впливи характерні для оздоблювального–розточувального верстата.

Тому для вивчення вимушених коливань системи шпindelь–борштанга в залежності від параметрів борштанги, нами запропоновано розрахункову модель (рис. 4.2).

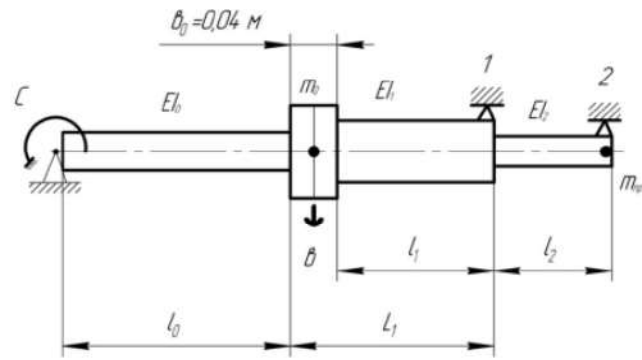
Тут пружні характеристики шпинделя описуються параметрами EI_0 , ($\text{н} \cdot \text{м}^2$), l_0 , (м) – згинальна жорсткість та довжина консольної частини шпинделя. C , ($\text{н} \cdot \text{м}$) – наведена жорсткість защемлення в середньому перерізі передньої опори, яка відображає опір вигину опор і пролітної частини шпинделя. m_0 , (кг) – інерційна характеристика шпинделя, яка задається масою та приводить до перерізу фланцу.

Характеристика борштанги:

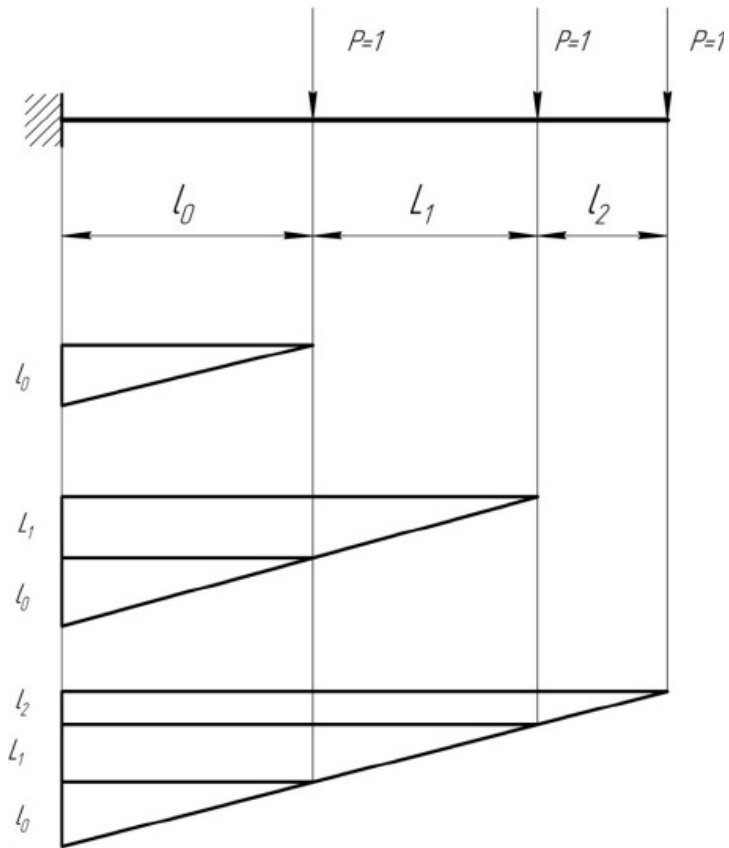
EI_1 , ($\text{н} \cdot \text{м}^2$) – жорсткість поперечного перерізу першого ступеня;

EI_2 , ($\text{н} \cdot \text{м}^2$) – жорсткість поперечного перерізу другого ступеня;

δ_0 , (м) – сума товщини фланців шпинделя та борштанги;



a



б

Рисунок 4.2 – Розрахункова модель багатоінструментальної борштанги

a – схема розрахункової моделі;

б – епюри згинальних моментів до розрахунку коефіцієнтів впливу

m_{np} , (кг) – інерційна характеристика борштанги, яка задається масою, приведеною до перерізу другого різця.

ν – характеристика демпфування в пружній системі. Вважатимемо, що на пружну систему діє зовнішнє обурення $P_0 \sin \omega t$ (ω – частота обурення).

Під час розрахунку амплітуд коливань враховувалися максимальні обурення $P_0 \sin \omega t$, які діяли на борштангу від опор, що викликані похибками фори тіл кочення та доріжок зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника. Найінтенсивніша гармоніка має максимальну амплітуду A при силовому впливу $P_0 = 4$ Н, який надалі враховується при розрахунку амплітуд вимушених коливань.

Рівняння для УДІС (універсальна диссипативно–інерційна система) складені за методом сил і після елементарних перетворень представлені у прямій формі. Рівняння замкнутої динамічної системи верстата, що враховують динамічні характеристики процесу різання при одночасній роботі двох різців (рис. 4.1, *a*) мають вигляд

$$\begin{cases} m_0 \ddot{y}_0 + b \dot{y}_0 + \frac{\delta_{22}}{\delta} y_0 - \frac{\delta_{02}}{\delta} y_2 = P_0 \sin \omega t + \frac{\delta_{01} \cdot \delta_{22} - \delta_{02} \cdot \delta_{12}}{\delta} P_{z1}; \\ m_2 \ddot{y}_2 + \frac{\delta_{00}}{\delta} y_2 + \frac{\delta_{02}}{\delta} y_0 = P_{z2} + \frac{\delta_{00} \cdot \delta_{12} - \delta_{01} \cdot \delta_{02}}{\delta} P_{z1}; \\ T_p \dot{P}_{z1} + P_{z1} = -k_{p1} y_2 \frac{\delta_{12}}{\delta_{22}}; \\ T_p \dot{P}_{z2} + P_{z2} = -k_{p2} y_2, \end{cases}$$

$$\delta = \delta_{00} \cdot \delta_{22} - \delta_{02}^2,$$

$$m = m_{i\delta} = 0,243 \cdot \left[m_1 \frac{l_1^3}{l^3} + m_2 \right]. \quad (4.1)$$

де y_0 – коливальне переміщення маси m_0 ;

\ddot{y}, \dot{y} – друга та перша похідні за часом;

P_{z1}, P_z – сили різання на відповідних різцях;

T_p – інерційна постійна стружкоутворення;

k_{p1}, k_{p2} – коефіцієнти різання на відповідних різцях;

δ_{ik} – коефіцієнти впливу, що визначаються за правилом

Верещагіна (рис. 4.2, б) з урахуванням кутових переміщень.

Коефіцієнти впливу для всіх випадків роботи різців мають вигляд:

$$\delta_{00} = \frac{l_0^3}{3El_0} + \frac{l_0^2}{c};$$

$$\delta_{01} = \frac{l_0^3}{3El_0} + \frac{l_0^2}{c} + \left(\frac{l_0}{c} + \frac{l_0^2}{2El_0} \right) \cdot L_1;$$

$$\delta_{11} = \frac{l_0^3}{3El_0} + \frac{(l_0 + L_1)^2}{c} + \frac{L_1 \cdot l_0^2}{El_0} + \frac{L_1^2 \cdot l_0}{El_0} + \frac{l_1^3}{3El_1};$$

$$\delta_{02} = \frac{1}{El_0} \cdot \left[\frac{l_0^2}{2} \cdot \left(l_2 + L_1 + \frac{2}{3}l_0 \right) \right] + \frac{l_0(l_0 + L_1 + l_2)}{c};$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{El_0} \cdot \left[(L_1 + l_2) \cdot l_0 \cdot \left(L_1 + l_2 + \frac{l_0}{2} \right) + \frac{l_0^2}{2} \cdot \left(L_1 + l_2 + \frac{2}{3} l_0 \right) \right] +$$

$$+ \frac{1}{El_1} \cdot \left[l_2 \cdot l_1 \cdot \left(l_2 + \frac{l_1}{2} \right) + \frac{l_1^2}{2} \cdot \left(l_2 + \frac{2}{3} l_1 \right) \right] + \frac{l_2^3}{3El_2} + \frac{(l_0 + L_1 + l_2)^2}{c};$$

$$\delta_{12} = \frac{1}{El_0} \cdot \left[L_1 \cdot l_0 \cdot \left(l_2 + L_1 + \frac{l_0}{2} \right) + \frac{l_0^2}{2} \cdot \left(l_2 + L_1 + \frac{2}{3} l_0 \right) \right] +$$

$$+ \frac{1}{El_1} \cdot \left[\frac{l_1^2}{2} \cdot \left(l_2 + \frac{2}{3} l_1 \right) \right] + \frac{(l_0 + L_1) \cdot (l_0 + L_1 + l_2)}{c}.$$

Індекси коефіцієнтів впливу відповідають нумерації різців та мас.

Розв'язання системи рівнянь (4.1) шукаємо у вигляді:

$$y_0 = a_{11} \cos \omega t + a_{12} \sin \omega t,$$

$$P_{z2} = a_{41} \cos \omega t + a_{42} \sin \omega t. \quad (4.2)$$

Після підстановки (4.2) в (4.1) система алгебраїчних рівнянь для двох одночасно працюючих різців набуде вигляду:

$$\left(\frac{\delta_{22}}{\delta} - \omega^2 m_0 \right) \cdot a_{11} + b \cdot \omega \cdot a_{12} - \frac{\delta_{02}}{\delta} \cdot a_{21} - \frac{\delta_{01} \cdot \delta_{22} - \delta_{02} \cdot \delta_{12}}{\delta} \cdot a_{31} = 0,$$

$$\left(\frac{\delta_{22}}{\delta} - \omega^2 m_0 \right) \cdot a_{12} - b \cdot \omega \cdot a_{11} - \frac{\delta_{02}}{\delta} \cdot a_{22} - P_0 - \frac{\delta_{01} \cdot \delta_{22} - \delta_{02} \cdot \delta_{12}}{\delta} \cdot a_{32} = 0,$$

$$\left(\frac{\delta_{00}}{\delta} - \omega^2 m\right) \cdot a_{21} - \frac{\delta_{02}}{\delta} \cdot a_{11} - a_{41} - \frac{\delta_{00} \cdot \delta_{12} - \delta_{01} \cdot \delta_{02}}{\delta} \cdot a_{31} = 0,$$

$$\left(\frac{\delta_{00}}{\delta} - \omega^2 m\right) \cdot a_{22} - \frac{\delta_{02}}{\delta} \cdot a_{12} - a_{42} - \frac{\delta_{00} \cdot \delta_{12} - \delta_{01} \cdot \delta_{02}}{\delta} \cdot a_{32} = 0,$$

$$T_p \cdot \omega \cdot a_{32} + a_{31} = -k_{p1} \cdot \frac{\delta_{12}}{\delta_{22}} \cdot a_{21},$$

$$-T_p \cdot \omega \cdot a_{31} + a_{32} = -k_{p1} \cdot \frac{\delta_{12}}{\delta_{22}} \cdot a_{22},$$

$$T_p \cdot \omega \cdot a_{42} + a_{41} = -k_{p2} \cdot a_{21},$$

$$T_p \cdot \omega \cdot a_{41} + a_{42} = -k_{p2} \cdot a_{22},$$

$$\delta = \delta_{00} \cdot \delta_{22} - \delta_{02}^2,$$

$$m = m_{i\delta 2} = 0,243 \cdot \left[m_1 \frac{l_1^3}{l} + m_2 \right]. \quad (4.3)$$

Диференціальні рівняння замкнутої динамічної системи верстата під час роботи найбільш віддаленого від фланця різця (різець № 2, рис. 4.1, б) мають вигляд

$$\begin{cases} m_0 \ddot{y}_0 + b \dot{y}_0 + \frac{\delta_{22}}{\delta} y_0 - \frac{\delta_{02}}{\delta} y_2 = P_0 \sin \omega t; \\ m_2 \ddot{y}_2 + \frac{\delta_{00}}{\delta} y_2 + \frac{\delta_{02}}{\delta} y_0 = P_{z2}; \\ T_p \dot{P}_{z2} + P_{z2} = -k_{p2} y_2, \end{cases} \quad (4.4)$$

$$\delta = \delta_{00} \cdot \delta_{22} - \delta_{02}^2,$$

$$m = m_{i\delta 2} = 0,243 \cdot \left[m_1 \frac{l_1^3}{l} + m_2 \right].$$

У разі роботи різця № 1 (рис. 4.1, в) диференційні рівняння мають вигляд:

$$\begin{cases} m_0 \ddot{y}_0 + b \dot{y}_0 + \frac{\delta_{22}}{\delta} y_0 - \frac{\delta_{02}}{\delta} y_2 = P_0 \sin \omega t; \\ m_2 \ddot{y}_2 + \frac{\delta_{00}}{\delta} y_2 + \frac{\delta_{02}}{\delta} y_0 = P_{z2}; \\ T_p \dot{P}_{z2} + P_{z2} = -k_{p2} y_2, \end{cases}$$

$$\delta = \delta_{00} \cdot \delta_{11} - \delta_{01}^2,$$

$$m = m_{r\delta 2} = 0,243 \cdot \frac{\left(m_1 \frac{l_1^3}{l^3} + m_2 \right) \cdot \delta_{22}}{\delta_{11}}.$$

Алгебраїчні рівняння для виразу (4.4) і (4.5) виходять аналогічно випадку одночасної роботи різців № 1 і № 2.

Для рішення системи рівнянь алгебри відповідних різним випадкам тонкого розточування двоступінчастими борштангами складено програму розрахунку для реалізації на ПК. Розрахунки проведені на двох глибин різання $t = 0,1$ мм і $t = 0,2$ мм. Розраховані значення першої власної частоти коливань системи ω і резонансні значення амплітуд вимушених коливань у замкнутій динамічній системі верстата.

$$A(\omega_1) = a_{21}^2 + a_{22}^2.$$

Частина результатів розрахунку представлені на рис. 4.3, 4.4 як залежності амплітуд вимушених коливань від розмірів борштанги. Показані амплітуди коливань найбільш віддаленого від фланця різця, що працює при роздільній (ламані 1, 2) і одночасної роботі (ламана 3) різців. Зростання амплітуд вимушених коливань із збільшенням податливості відображає добре відоме з досвіду явище. При аналізі результатів розрахунків виявляється важлива закономірність: при заданих повній довжині борштанги та діаметрах ступенів мінімальна амплітуда коливань у разі роботи більш віддаленим різцем та двома різцями виникає при деякому співвідношенні довжин ступенів, невідповідним максимальної жорсткості. Збільшення амплітуди коливань із зростанням довжин ступенів, несучих різець № 2 зрозуміло, оскільки при цьому зменшується жорсткість і власна частота

системи. Вимагає спеціальних пояснень зростання амплітуд при прагненні довжини другого ступеня до нуля. Цей ефект можна пояснити двома причинами: спаданням власної частоти системи та зростанням коефіцієнта впливу, визначального передачі обурення з першого різця перерізу другого різця.

Залежність частоти від співвідношення довжин ступенів немонотонна. Зміни коефіцієнтів впливу, зокрема δ_{12} – немонотонно залежить від співвідношення довжин ступенів. Збільшення значення δ_{12} при зменшенні довжини L_2 призводить до того, що вплив першого різця на другий значно зменшує запас стійкості системи.

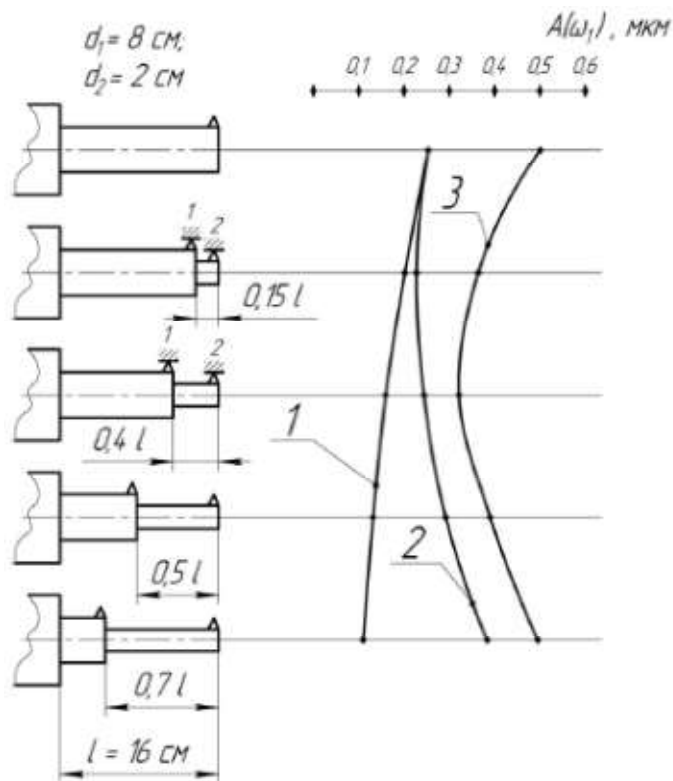


Рисунок 4.3 – Амплітуди коливань різців

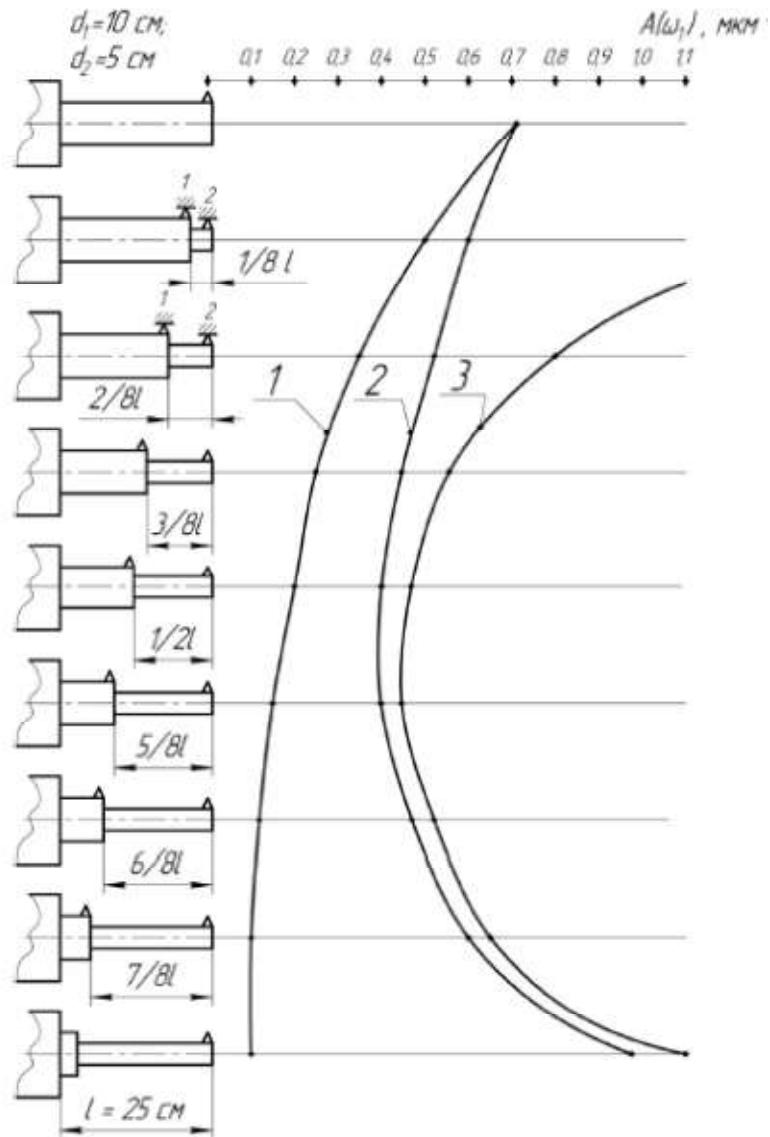


Рисунок 4.4 – Амплітуда коливань різців

Висновки.

Аналіз результатів розрахунків амплітуд вимушених коливань консольних двоступінчастих борштанг показує, що мінімальна амплітуда коливань при роботі найбільш віддаленого від фланця шпинделя різця, а також при одночасної роботі двох різців реалізується при деякому

співвідношенні довжин ступенів, що не відповідає максимальній жорсткості борштанги.

Зі зміною співвідношення довжини ступенів власна частота УДІС та коефіцієнти впливу, що характеризують передачу обурення від одного різця до іншого, змінюються не монотонно, що призводить до зниження запасу стійкості замкнутої динамічної системи верстата.

В умовах коли запас стійкості УДІС невеликий, вибір технологічної схеми обробки ступінчастого отвору слід здійснювати з урахуванням результатів розрахунку коливань, зіставляючи амплітуди коливань при спільній та роздільній обробці ступенів отвору.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Забезпечення безпечних умов праці робочих приміщень

Забезпечення охорони праці – особливе гостре питання, яке вирішується на державному рівні. Стаття 43 Конституції України закріплює право кожного громадянина України на належні, безпечні і здорові умови праці. Крім цього, відповідно до статті 5 Закону України “Про охорону праці”, роботодавець повинен під час укладання трудового договору проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров’я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору. Для реалізації цих положень та відповідно до статті 13 Закону України “Про охорону праці” роботодавець зобов’язаний створити на робочому місці, в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових документів, а також забезпечити дотримання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою він забезпечує функціонування системи управління охороною праці (СУОП). СУОП, як підсистема єдиної системи управління виробництвом.

Основні принципи функціонування СУОП підприємства [1]:

- проведення зв’язок процесу виробництва з рівнем забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці;
- контроль за виконанням працівниками трудової і технологічної дисципліни;
- діяльність органів управління охороною праці підприємства з метою виконання заходів по створенню безпечних і здорових умов праці;
- обов’язкова економічна та соціальна зацікавленість роботодавця та працівника у покращенні умов праці.

Метою роботи системи управління охороною праці є забезпечення безпеки праці, збереження здоров'я та працездатності працівників.

Об'єктами управління СУОП підприємства є:

- виробнича діяльність працівників підприємства;
- усе виробниче обладнання;
- будівлі і споруди і технологічні процеси;
- виробниче середовище.

Органами управління системи управління охороною праці підприємства виступають:

- роботодавець;
- керівники структурних підрозділів підприємства;
- профспілки;
- комісія з охорони праці підприємства;
- уповноважені особи трудовими колективами.

Основні завдання СУОП та напрямки створення безпечних умов праці на підприємстві [1]:

- проведення навчання працівників безпечним методам праці, проведення пропаганди охорони праці;
- забезпечення повної безпеки виробничого обладнання, технологічних процесів, безпечного стану будівель і споруд;
- створення на підприємстві та в кожному структурному підрозділі, на усіх робочих місцях нешкідливих і здорових умов праці;
- забезпечення відповідно до нормативів працівників спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального та колективного захисту;
- гарантування оптимальних режимів праці та відпочинку працюючих;
- проведення лікувально-профілактичного обслуговування працівників;
- створення необхідних здорових санітарно-побутових умов для працівників;
- проведення професійного відбору робітників по окремих професіях.

Один із найважливіших напрямів, яким опікується система управління охороною праці, являються умови праці. Вони представляють собою сукупність елементів виробничого середовища та трудового процесу, що можуть впливати на функціональний стан організму працівника: працездатність, здоров'я, задоволеність працею і її ефективність.

5.2 Нормалізація мікрокліматичних умов робочих приміщень

Суттєвий вплив на стан організму працівника та його працездатність здійснює мікроклімат чи метеорологічні умови в робочих приміщеннях. Мікрокліматом – це клімат внутрішнього середовища приміщень, він визначається сукупністю, діючою на організм людини температури повітря, вологості повітря, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь [2].

На відміну від мікрокліматичних умов житла та громадських будівель мікроклімат виробничих приміщень встановлюється значною динамічністю та залежить від змін зовнішніх метеорологічних умов, пори року, часу доби, умов опалення та вентиляції теплофізичних особливостей технологічного процесу,.

Мікроклімат виробничих приміщень впливає на тепловий стан організму працівника, його теплообмін з навколишні середовищем. Показники мікроклімату чинять безпосередній вплив на самопочуття людини, її працездатність. Зниження температури при усіх інших однакових умов веде до зростання тепловіддачі за рахунок конвекції та випромінювання, може призвести до переохолодження організму працівника. При підвищенні швидкості руху повітря самопочуття погіршується, оскільки відбувається підсилення конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі в процесі випаровуванні поту.

При підвищенні температури повітря робочого приміщення мають місце зворотні явища. Доведено, що при температурі повітря більше 30 °С працездатність працюючої людини починає падати. При такій високій

температурі та відносній вологості майже все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище в процесі випаровування поту. При підвищенні відносної вологості не відбувається випаровування поту, він стікає краплинами з поверхні шкіри. З іншого боку, недостатня вологість веде до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, вони пересихають та розтріскуються, туди можуть потрапляти забруднення та хвороботворними мікробами.

Вода та солі, що виходять з організму з потом, повинні замінятися, тому що їх втрата може призвести до згущення крові та погіршення стану діяльності серцево-судинної системи. Крім цього, зневоднення організму на 6% призводить до порушення розумової діяльності та зниження гостроти зору. Зневоднення на 15 – 20 % веде до смертельного наслідку. Втрата солі забирає здатність крові утримувати воду та може викликати порушення діяльності серцево-судинної системи. При високій температурі повітря та дефіциті води в організмі швидко витрачаються жири, вуглеводи, а білки руйнуються. Довгий вплив високої температури разом із значною вологістю призводить до накопичення теплоти в організмі та до гіпертермії – це стану організму, при якому температура тіла піднімається до 38 – 40 °С. При виникненні гіпертермії, наслідком якої є тепловий удар, спостерігається головний біль, загальна слабкість, запаморочення, сухість у роті, спотворення кольорового сприйняття, нудота, блювання, потовиділення. Прискорюються пульс та частота дихання, в крові зростає вміст молочної кислоти та залишкового азоту. Спостерігається посиніння шкіри, блідість обличчя, зіниці розширені, часом виникають судоми, втрата свідомості [3].

Навпаки, при зниженій температурі, значній швидкості руху повітря та відносній вологості виникає переохолодження організму чи гіпотермія. На початковій стадії впливу помірного холоду відбувається зниження частоти дихання, об'єму вдиху збільшується. При довгому впливі холоду дихання стає неритмічним, об'єм вдиху та його частота зростають, змінюється вуглеводний обмін. Виникає м'язове тремтіння, зовнішня робота не

виконується та вся енергія тремтіння переходить в теплоту. Це протягом деякого часу дозволяє затримувати зниження температури внутрішніх органів. Підсумком дії низьких температур є холодові травми.

Показники мікроклімату чинять суттєвий вплив на продуктивність праці та на виникнення виробничого травматизму. Вплив температури повітря на середню продуктивність праці зображено на рисунку 5.1.

На сьогодні основним нормативним документом, що визначає параметри мікроклімату виробничих приміщень є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [4]. Встановленні параметри нормуються для робочої зони, тобто простору, обмеженого по висоті над рівнем підлоги в 2 м, на якому знаходяться робочі місця постійного, непостійного або тимчасового перебування працівників.

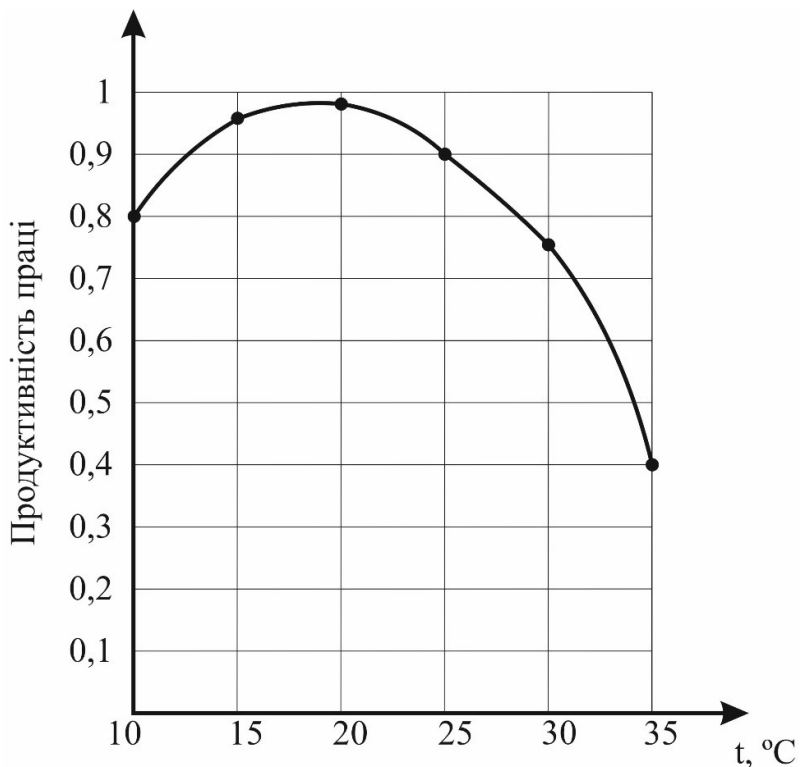


Рисунок 5.1 – Вплив температури повітря на продуктивність праці

Принципом нормування показників мікроклімату є диференційна оцінка допустимих та оптимальних метеорологічних умов в робочій зоні

виробничого приміщення залежно від теплової характеристики даного приміщення, категорії виконуваних робіт в залежності від ступеня важкості та періоду року.

Оптимальними або комфортними приймаються такі умови праці, при яких працездатність є найвищою і має місце хороше самопочуття працівників. Допустимі мікрокліматичні умови передбачають незначне напруження роботи механізму терморегуляції, воно не виходить за межі можливостей організму, відбуваються незначні фізіологічні зміни організму людини у вигляді втоми, але все відновлюється протягом регламентованого відпочинку.

Створення та нормалізація оптимальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях є важливою задачею, вирішити яку можна за рахунок проведення та використання наступних засобів та заходів [3]:

- проведення удосконалення технологічних процесів та устаткування, а саме: впровадження нових обладнання та технологій, не пов'язаних з необхідністю робіт в умовах інтенсивного нагріву, це дасть можливість зменшити виділення тепла у робочі зони приміщення;
- використання методу раціонального розміщення технологічного обладнання та машин – основні джерела теплоти необхідно розміщувати біля зовнішніх стін будівель або безпосередньо під аераційними ліхтарями;
- перехід на дистанційне управління технологічними процесами та автоматизацію дасть можливість вивести людину із виробничих зон дії несприятливі факторів;
- використання раціональних вентиляції, кондиціонування повітря та систем опалення;
- встановлення відповідних режимів праці та відпочинку, створення зон відпочинку, приміщень для зігрівання, охолоджувальних альтано;
- використання теплоізоляції обладнання та захисних екранів;

– використання засобів індивідуального захисту таких, як спецодяг, спецвзуття, касок, масок з відкидним екраном, захисних окуляр, плащів, гумових чобіт.

Забезпечення безпечних умов праці – основний обов’язок кожного роботодавця. Реалізація методів нормалізації показників мікроклімату надає не тільки хороше самопочуття працівників під час роботи, а й суттєвий економічний ефект від зростання працездатності в комфортних безпечних та нешкідливих умовах праці.

5.3 Вентиляція робочих приміщень

Вентиляція робочих приміщень – це сукупність заходів та засобів, що забезпечують на постійних та непостійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень чистоти повітряного середовища та метеорологічних умов, що відповідають санітарно-гігієнічним та технічним вимогам [2]. Головною завдання вентиляції є вилучення з робочого приміщення забрудненого та нагрітого повітря і подача свіжого.

Вентиляція класифікується за наступними ознаками:

1) за способом переміщення повітря поділяють на:

- природна;
- штучну чи механічну;
- суміщену, коли поєднуються природна та штучна одночасно;

2) за напрямком потоку повітря поділяють на:

- припливну;
- витяжну;
- припливно-витяжну;

3) за місцем дії вентиляція може бути:

- загальнообмінною;
- місцевою;
- комбінованою.

Не зважаючи на її вид, вентиляція повинна відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам [2]:

- створювати та підтримувати в робочій зоні приміщень нормовані значення показників мікроклімату (температури, відносної вологості, швидкості руху повітря);
- повністю усувати з приміщень або розчиняти їх до гранично допустимих концентрацій шкідливі пил, газ, пари та аерозолі;
- не заносити в робоче приміщення зовнішнє забруднене повітря або методом засмокування забрудненого повітря з сусідніх приміщень;
- не призводити на робочих місцях до протягів або різкого охолодження;
- під час експлуатації та ремонту бути доступними для управління;
- не призводити до створення під час експлуатації додаткових незручностей, таких як вібрація, шум, попадання дощу чи снігу.

5.3.1 Природна вентиляція

Природна вентиляція відбувається в наслідок теплового та вітрового напорів [9]. Тепловий напір відбувається за рахунок різниці температур та значить густини внутрішнього і зовнішнього повітря. А вітровий напір забезпечується тим, що коли відбувається обдування вітром будівлі, то з її навітряної сторони створюється підвищений тиск, а підвітряної сторони – розрідження (рисунок 5.2).

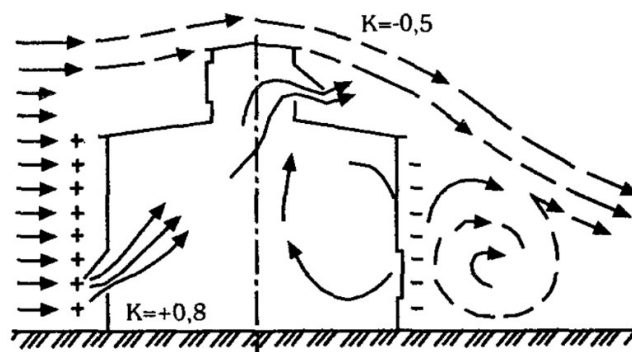


Рисунок 5.2 – Розподіл тиску в будівлі при дії вітру

Природна вентиляція поділяється на неорганізовану і організовану. При неорганізованій природній вентиляції невідомі об'єми повітря, що вилучаються та надходять в приміщення, а повітрообмін залежить від випадкових чинників, таких як напрямок та сила вітру, температур зовнішнього та внутрішнього повітря. Неорганізована природна вентиляція складається з інфільтрації – просочування зовнішнього і внутрішнього повітря через нещільності у дверях, вікнах, перекриттях та провітрювання, що відбувається при відкриванні вікон та квартир.

Організована природна вентиляція має назву аерація. Для здійснення аерації в стінах будівлі влаштовують отвори для надходження в приміщення зовнішнього повітря, а у верхній частині будівлі чи на даху встановлюють спеціальні пристрої ліхтарі для того щоб відбувалося видалення відпрацьованого повітря. Для проведення регулювання видалення та надходження повітря забезпечують перекривання аераційних отворів та ліхтарів на потрібну величину. Це є вкрай важливим в холодну пору року.

Для забезпечення збільшення природної тяги за від енергії вітру над витяжними каналами монтують спеціальні насадки, які називаються дефлекторами. Дія дефлектора основана на тому, що при обтіканні його вітром приблизно на 5/7 поверхні насадки відбувається розрідження, завдяки чому у витяжному каналі тяга збільшується. Дефлектори рекомендують розташовувати на найвищих ділянках покрівлі, вище гребеня даху в зоні, де дія вітру є ефективною.

Природна вентиляція характеризується наступними перевагами: вона є дешевою та простотою і зручною в експлуатації. Основним недоліком її використання є те, що повітря, яке надходить в приміщення та видаляється з нього попереднього ніяк не очищується.

5.3.2 Штучна (механічна) вентиляція

Штучна чи механічна вентиляція, має наступні переваги – вона дає можливість [9]:

- проводити очищення повітря перед його викидом в атмосферу;
- видалення шкідливих речовини безпосередньо біля місць їх утворення;
- обробляти припливне повітря –очищувати, зволожувати підігрівати;
- подавати повітря в робочу зону приміщення більш цілеспрямовано.
- організувати повітрозабір в найчистішій зоні на території підприємства, або навіть за його межами.

Загальнообмінна штучна вентиляція дає можливість створення чистоти повітряного середовища та необхідного мікроклімату в усьому об'ємі робочої зони приміщення [10]. Застосовується для видалення надлишкового тепла при умові відсутності токсичних виділень, а також, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування не дають можливості використання місцевої витяжної вентиляції.

Розрізняють основні чотири схеми проведення повітрообміну для загальнообмінної вентиляції: зверху вниз (рисунок 5.3.а), зверху вверх (рисунок 5.3.б), знизу вверх (рисунок 5.3.в), знизу вниз (рисунок 5.3.г).

Першу та другу схеми доречно застосовувати, коли припливне повітря має температуру нижчу температури приміщення в холодний період року. При цьому, припливне повітря на шляху досягнення робочої зони, нагрівається за рахунок повітря приміщення. Третю та четверту доцільно використовувати при проведенні підігріву припливного повітря в холодний період року коли його температура є вищою за температуру внутрішнього повітря робочого приміщення.

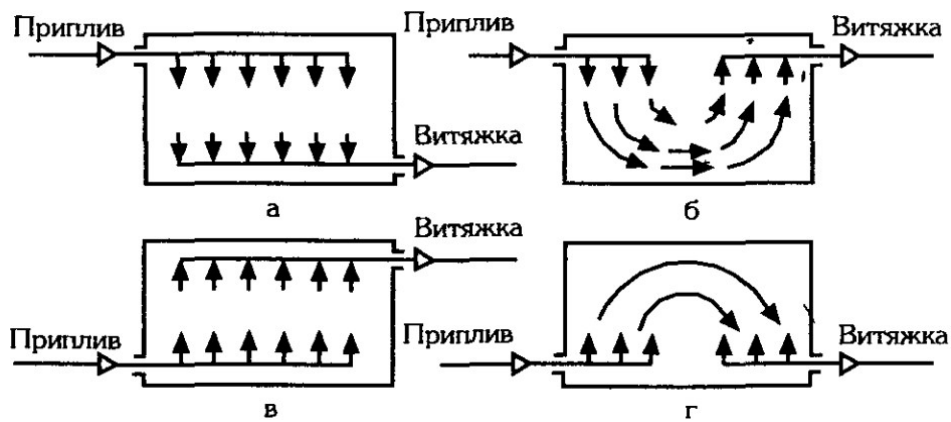


Рисунок 5.3 – Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються пара та газів, що мають густину вищу за густину повітря робочого середовища, то загальнообмінна вентиляція повинна проводити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% – з верхньої. Якщо густина газів є меншою за густину повітря, видалення забрудненого повітря проводиться у верхній робочого приміщення.

Місцева механічна вентиляція може бути припливною та витяжною. Припливна вентиляції забезпечує концентроване подання припливного повітря заданих параметрів – температури, вологості, швидкості руху та виконується у вигляді повітряних та повітряно-теплових завіс, повітряних душів,.

Повітряні душі попереджують перегрівання працівників гарячих цехів, а також використовуються для створення повітряних оазисів.

Повітряні та повітряно-теплові завіси використовують для попередження надходження в приміщення мас холодного зовнішнього повітря при частому відкриванні дверей чи воріт. Повітряна завіса утворюється струменем повітря, подається із вузької довгої щілини, під певним кутом назустріч потоку холодного повітря.

Місцева витяжна вентиляція забезпечується місцевими витяжними шафами та зонтами, всмоктуючими панелями, бортовими відсмоктувачами.

Конструкція місцевої витяжки призначається для забезпечення максимального вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості видаленого повітря.

Основними факторами при виборі типу місцевої витяжки є властивості шкідливих виділень; їх температура, токсичність густина парів; особливості технологічного процесу та устаткування; положення працівника при виконанні роботи. У тих випадках, коли джерело шкідливостей можна розмістити всередині простору, обмеженого стінками, місцеву витяжну вентиляцію рекомендують влаштовувати у вигляді витяжних шаф, вітринних відсмоктувачів кожухів. Якщо джерело шкідливостей не можна ізолювати за певними умовами технології або обслуговування, в таких випадках встановлюють витяжний зонт або всмоктувальну панель.

5.3.3 Розрахунок повітрообміну за надлишком тепла

Потрібно здійснити розрахунок повітрообміну для виробничого приміщення де використовують металообробні верстати, що знаходиться в місті Хмельницькому та має подвійні дерев'яні вікна площею $18,5 \text{ м}^2$ звичайної забрудненості, направлені в напрямку $\alpha=50^\circ$. Розміри приміщення наступні: ширина 12 м, довжина 24 м, висота 5 м. Приміщення освітлюють 18 світильників із люмінесцентними лампами, електрична потужність кожного – 80 Вт. В приміщенні працюють 12 працівників

Для даного приміщення найбільшою проблемою є присутність надлишкового тепло. Для ефективного вирішення цієї проблеми необхідно розрахувати значення необхідного повітрообміну за надлишком тепла та кратність повітрообміну.

Спочатку визначаємо основні шкідливості, ними є: тепловиділення від обладнання, працівників, світильників та надходження тепла в приміщення через світлові прорізи. Надходження тепла від обладнання $Q_{обл}$ розраховується в залежності від його номінальної потужності з урахуванням тривалості його роботи за формулою [6]:

$$Q_{обл} = 3,6 \cdot \sum_{i=1}^n n_i \cdot P_i \cdot k_i, \quad (5.1)$$

де 3,6 – коефіцієнт для переведу Вт в кДж/год;

n_i – кількість одного виду обладнання, шт.;

P_i – потужність одного екземпляру одного виду обладнання, Вт;

k_i – коефіцієнт використання одного екземпляру одного виду обладнання.

$$Q_{обл} = 3,6(2 \cdot 750 \cdot 1 + 3 \cdot 500 \cdot 1 + 4 \cdot 310 \cdot 0,8) = 14371 \text{ кДж/год.}$$

Виділення тепла людьми визначається за формулою [6]:

$$Q_{прац} = n_{прац} \cdot Q_{чол}, \quad (5.2)$$

де $n_{прац}$ – кількість працівників об'єкта;

$Q_{чол}$ – виділення явного тепла одним чоловіком, кДж/год.

Відповідно таблиці додатку 22 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування нормоване значення середньодобової температури зовнішнього середовища t_n для м. Хмельницького становить 22 – 23 °С. Для розрахунків приймаємо $t_n = 23$ °С [5] .

Виділення явного тепла одною людиною $Q_{чол}$ за $t_n = 23$ °С та легкої роботи становить 285 кДж/год. Тому:

$$Q_{прац} = 12 \cdot 285 = 3420 \text{ кДж/год.}$$

Розраховуємо тепловиділення засобів освітлення за формулою [6]:

$$Q_{св} = 3,6 \cdot n_{св} \cdot P_{св} \cdot k_{св}, \quad (5.3)$$

де 3,6 – коефіцієнт для переведу з Вт в кДж/год;

$n_{св}$ – кількість світильників;

$P_{св}$ – потужність світильника, Вт;

$k_{св}$ – коефіцієнт втрати для люмінесцентних ламп $k = 0.4 - 0.6$.

$$Q_{св} = 3,6 \cdot 18 \cdot 80 \cdot 0,5 = 2592 \text{ кДж/год.}$$

Надходження тепла через світлові прорізи за рахунок сонячної радіації знаходимо за формулою [6]:

$$Q_{сп} = F_{ск} \cdot q_{сп} \cdot A_{ск}, \quad (5.4)$$

де $F_{ск}$ – площа заскленої поверхні вікон;

q_{cp} – величина теплонадходжень через скляні поверхні, кДж/(м²·год);

$A_{ск}$ – коефіцієнт, що залежить від кількості рядів скла та ступеня їх забрудненості, визначається за формулою [6]:

$$A_{ск} = A_p \cdot A_z, \quad (5.5)$$

де A_p – коефіцієнт, що залежить від кількості рядів скла (при подвійному застосуванні в одній рамі – 1, 15);

A_z – коефіцієнт, визначає забрудненість вікна (при звичайній – 0,8).

Розрахункова географічна широта м. Хмельницький становить 48 °пн. ш., азимут вікон $\alpha=50^\circ$. Це означає, що світлопропускні поверхні вікон виходять приблизно на північний схід. Для таких умов $q_{cp} = 270$ кДж/(м²·год) [6].

$$Q_{cp} = 18.5 \cdot 270 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 4595 \text{ кДж/год.}$$

Після обчислення основних шкідливостей розрахуємо значення необхідного повітрообміну в даному офісному приміщенні. Для цього визначимо необхідну кількість припливного повітря L , яке необхідно ввести в нього для поглинання надлишкового тепла. Значення L визначають за формулою [6]:

$$L = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho \cdot (t_{вн} - t_{зовн})}, \quad (5.6)$$

де c – питома теплоємність повітря за незмінного тиску, $c = 1$ кДж/(кг·°C);

ρ – густина зовнішнього повітря, $\rho = 1,2$ кг/м³;

$t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря, що видаляється з приміщення системою вентиляції (не більше t_n , що дорівнює 23 °C), °C;

$t_{зовн}$ – температура припливного повітря, тобто середньодобова температура зовнішнього середовища для теплого періоду року для м. Хмельницького становить 18 – 20 °C;

$Q_{надл}$ – надлишкове тепло, визначається за формулою (5.7):

$$Q_{надл} = Q_{обл} + Q_{прац} + Q_{св} + Q_{cp} \quad (5.7)$$

Отже, необхідна кількість припливного повітря L становить:

$$L = \frac{14371+3420+2593+459}{1 \cdot 1,2 \cdot (23-18)} = 3830 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отриманий розрахунок кількості припливного повітря L , що дорівнює 3830 м³/год демонструє, яку кількість повітря потрібно щогодини взяти ззовні та подати в дане приміщення для усунення надлишкового тепла. За допомогою значення потрібного повітрообміну в подальшому вибирається система вентиляції для приміщення, проводиться її обрахунок.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі виконано аналіз конструкції деталі корпус 318.430.5 та розроблений технологічний процес її виготовлення в обсязі 4,5 тис. деталей. Розроблення ТП виконано на основі техніко-економічного аналізу конструкції, методів отримання заготовки та технологічних операцій.

Під час розробки ТП було встановлено, що деталь в цілому відповідає якісним та кількісним критеріям, необхідним для технологічного виготовлення.

Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу, що підтвердило доцільність і економічність обраного варіанту.

У конструкторському розділі було спроектовано верстатні пристрої для встановлення та фіксації деталей на операціях з ЧПК – фрезерного та токарного оброблення.

Для підвищення продуктивності розточування внутрішньої порожнини корпусу було розглянуто варіант використання багаторізцевих борштанг. Результати розрахунків амплітуд вимушених коливань консольних двоступінчастих борштанг показує, що мінімальна амплітуда коливань при роботі найбільш віддаленого від фланця шпинделя різця, а також при одночасної роботи двох різців реалізується при деякому співвідношенні довжин ступенів, що не відповідає максимальній жорсткості борштанги.

Умови праці на механічній дільниці механічного оброблення відповідають усім санітарним нормам відповідно до законодавства України щодо охорони праці.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / А. І. Гордєєв В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 40 с.
2. Бегняк, Л. С. Любохинець, В. С. Яремчук В. С. Методичні рекомендації щодо розроблення навчальної та навчально-методичної літератури у Хмельницькому національному університеті. Хмельницький : ХНУ, 2023. 44 с.
3. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
4. Мазур М. П., Зенкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник Львів: "Новий Світ-2000", 2012. 358 с.
5. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с., іл.
6. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навчальний посібник / Дусанюк Ж. П., Дерібо О. В., Репінський С. В., Паславська О. В. Вінниця : ВНТУ, 2017. 88 с.
7. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Петраков Ю. В., Сохань С. В., Фролов В. К., Кореньков В. М. Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 288 с.
8. Дегтярьов І. М., Нешта А. О., В. О. Колесник В. О. Прогресивні тех-

нології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник.
Суми : Сумський державний університет, 2021. 256 с

9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / Дикань В. Л., Калабухін Ю. Є., Каличева Н. Є. та ін., за заг. ред. Диканя В. Л. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

10. Біланенко В. Г., Приходько В. П., Мельник О. О. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. 232 с.

11. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. 422 с.

12. Ковальов В. А., Гаврушкевич А. Ю., Гаврушкевич Н. В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. 115с.

13. 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. – 300 с. ISBN 966–575–048–8

14. Линчевский П. А., Оргиян А. А., Коболев В. М. Задачи динамики в технологии машиностроения // Вісн. інж. акад. України. – 2001. – №3 (Ч. 2). – С. 32–36.

15. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с. 26.

16. Охорона праці та цивільний захист : підручник / О.Г.Левченко, О.І.Полукаров, В.В. Зацірний, Ю.О. Полукаров, О.В.Землянська. – Київ : Каравела, 2021. – 472 с.

17. Основи охорони праці: навчальний посібник / Я.І. Бедрій, Р.М.Івах. – Київ : Кондор, 2018. – 464 с

18. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень Постанова Міністерства охорони здоров'я № 42 від 01.12.99

19. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування Наказ № 24 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013

20. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.